# nature

## الطبعة العربية

الدوريــة الشهـريـة العـالـميــة للعــلـوم

# اكتشاف سبعة عوالم قد تكون شبيهة بالأرض، تدور حول نجم قزم قريب منا

**صفحتا 48, 53**

# باقـة كوكـبـيـة

تنوع

## ثورة التنوع البيولوجي

علماء البيئة يبحثون فيما وراء الأنواع لفهم النظام البيئي

صفحة 29

صحة عامة

## مقاومة المضادات الحيوية

البحث عن مصطلحات أوضح وأدق

صفحة 35

تقنيات حيوية

## أعضاء في طبق مختبر

خطوة جديدة تقربنا من زراعة معدة

صفحة 49

ARABICEDITION.NATURE.COM

سبتمبر 2017 / السنة الخامسة / العدد 52

ISSN 977-2314-55003

nature الطبعة العربية سبتمبر 2017 / السنة الخامسة

ARABICEDITION.NATURE.COM

العدد رقم: 52 npg

# nature

سبتمبر 2017 / السنة الخامسة / العدد 52





تُنشَر مجلة "نيتْشَر" ـ وترقيمها الدولي هو (2314-5587) ـ من قِبَل مجموعة نيتْشَر للنشر (NPG)، التي تعتبَر قِسمًا من ماكميلان للنشر المحدودة، التي تأسّست وفقًا لقوانين إنجلترا، وويلز (تحت رقم 00785998). ومكتب ويلز المسجَّل يقع في طريق برونيل، هاوندميلز، باسينجستوك، إتش إيه إن تي إس، آر جي 21 6 إكس إس. وهي مُسَجَّلة كصحيفة في مكتب البريد البريطاني. أمّا بخصوص الطلبات والاشتراكات، فيُرجَى الاتصال بمكتب دبي. وفيما يتعلق بمَنْح التفويض لعمل نُسخ مصوَّرة للاستخدام الداخلي أو الشخصي، أو الاستخدام الداخلي أو الشخصي لعملاء محدَّدين، فهذا الأمر يتعلق بموافقة "نيتْشَر" للمكتبات، والكيانات الأخرى المسَجَّلة من خلال مركز إجازة حقوق الطبع والنشر، ومقرّه في 222 روز وود درايف، دانفيرز، ماساشوسيتس 01923، الولايات المتحدة الأمريكية. والرقم الكودي لـ"نيتْشَر" هو: 0028-0836/03، باتفاقية النشر رقم: 40032744. وتُنشَر الطبعة العربية من مجلة "نيتْشَر" شهريًّا. والعلامة التجارية المُسَجَّلة هي (ماكميلان للنشر المحدودة)، 2016. وجميع الحقوق محفوظة.




# رسالة رئيس التحرير

## إطلالة على آفاق العلوم في شهر

في عدد نصف سنوي من دورية "*Nature* الطبعة العربية"، نعرض لكم مختارات من أهم ما نُشر في دورية *Nature* الدولية في أعدادها المنشورة في الفترة من يناير إلى يونيو 2017، حيث يضم هذا العدد بين جنباته إضاءات على آفاق تقدم العلوم. وفيما يلي نبذة عن أبرز ما ورد فيه:

في قسم أخبار في دائرة الضوء، وتحت عنوان " لحظة الميون المنتظَرة"، نتعرف على أبرز ملاح تجربة "فيرميلاب" لقياس العزم المغناطيسي لجسيمات ميون بدقة أكبر، التي قد تكشِف عن جسيمات افتراضية غير معروفة. وفي ظل حالات الانتشار المفاجئ لبعض الأمراض في الآونة الأخيرة، نتعرف من خلال تقرير في القسم نفسه، تحت عنوان "مشروع ملحمي لتخزين اللقاحات"، على مبادرة بقيمة مليار دولار، أطلقها "تحالف ابتكارات الاستعداد للأوبئة" CEPI، وتهدف إلى تخزين لقاحات؛ لتكون جاهزة للاستخدام في حال الانتشار المفاجئ للمرض. وتحت بعنوان "أدوية السرطان قد تسرع من تفشي الأورام"، نستطلع محاولات علماء لفَهْم الكيفية التي قد يتسبب فيها العلاج المناعي في زيادة حالات السرطان سوءًا في بعض الأحيان.

وفي قسم التحقيقات، وتحت عنوان "الرحلة الأولى للنجوم"، نستكشف خططًا طموحة؛ للوصول إلى "بروكسيما بي" Proxima b، الذي يُعَدّ أقرب جار للشمس خارج المجموعة الشمسية، بحيث إذا نجحت تلك الخطط؛ فإنها قد تكشف لنا عما إذا كانت تتوافر في العالَم الفضائي ظروف مناسبة للعيش، أم لا، وما إذا كانت تسكنه أي كائنات حية، أم لا. وفي تحقيق آخر، تحت عنوان "كشف أسرار كريسبر"، نتعرف على مزيد من التفاصيل الخاصة بنشأة وطريقة عمل تقنية التحرير الجيني "كريسبر"، التي أحدثت ثورة في عالَم التقنية الحيوية.

وفي قسم "التعليقات"، نجد دعوة لتوحيد المصطلحات عند الحديث عن مقاومة المضادات الحيوية، بعد أن تَسَبَّب الفشلُ في استخدام الكلمات بوضوح في إضعاف الاستجابة العالمية حيال تَراجُع فعالية المضادات الميكروبية، الذي يهدِّد بحدوث أزمة صحية عالمية، تصعب مواجهتها.

ويضم قسم "أنباء وآراء" عروضًا وتحليلات متعمقة لمجموعة بارزة من الأبحاث التي نُشرت منذ بداية العام، ومنها بحث نُشر تحت عنوان "زراعة معدة في طبق"، استعرض فيه كل من جوسيه بي سينز، وجيسون سي ميلز تقنية مفصلة لتوجيه الخلايا الجنينية الجذعية البشرية، التي في استطاعتها النمو؛ لتكوين كل الأعضاء الناضجة، بحيث تكتسب الملامح الوظيفية والهيكلية لجسم المعدة البشرية. كما حلل كل من أندرو إتش. باترسُن، وألان إل. كولاتا، تحت عنوان "رؤى متفحصة من نبات الكينوا"، التقنيات التكنولوجية المستخدَمة في وضع التسلسل الجينومي لنبات الكينوا الإنديزي (*Chenopodium quinoa*) متعدد الصيغ الصبغية. ونتعرف أيضًا على مزيد من التفاصيل حول اكتشاف سبعة كواكب صغيرة تدور حول نجم قزم قريب من الأرض، قد تحتوي على مياه سائلة على سطحها، وذلك تحت عنوان "شقيقات الأرض السبع"، بقلم إجناس إيه. جي. سنيلين.

ويشِيد دافيديه كاستيلفيكي، في قسم "كتب وفنون"، بقصة من وراء كواليس اكتشاف موجات الجاذبية، من خلال استعراضه لكتاب "قُبلة الجاذبية" *Gravity's Kiss*، الذي نُشر في الذكرى السنوية الأولى لهذا الاكتشاف العظيم، بقلم الباحث الاجتماعي في مجال العلوم هارى كولنز، والذي قام من خلاله بتحليل عملية الاكتشاف الفريدة هذه. وفي القسم نفسه، وتحت عنوان " مخاطر قراءة المخ"، يقيِّم راسل بولدراك واحدًا من أوائل الكتب حول الآثار المترتبة على التقدُّم في تصوير الدماغ.

وفي قسم "صندوق الأدوات"، وتحت عنوان "مدقق إملائي للإحصاء"، نطلع على نِقاش الباحثين عما إذا كان استعمال برمجيات للكشف الآلي عن أوجه عدم الاتساق في الأوراق البحثية يحسِّن من جودة المؤلفات، أم أنه قد يُطْلِق إنذارات كاذبة.

وتحت عنوان "صقل ملكة الكتابة"، في قسم "مهن علمية"، نتعرف على الفوائد الجمة التي يمكن للكتابة الإبداعية أن تحققها للعلماء والباحثين، وهم بصدد تصميم التجارب، والبحث عن مصادر لتمويل مشروعاتهم البحثية، ومحاولة نشر النتائج، وذلك من خلال استعراض تجارب عدد من الباحثين.

مدير تحرير الترجمة
القائم بأعمال رئيس التحرير
علياء حامد

# المحتويات

سبتمبر 2017 / السنة الخامسة / العدد 52

## هــذا الـشـهــر



## مهن علمية



**لأحدث قوائم الوظائف والنصائح المهنية، تابع:** arabicedition.nature.com/jobs

## أخبـــار في دائرة الضــوء





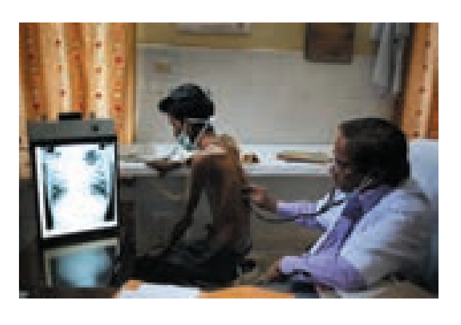
علم الوراثة

**أســـرار كـــريســـبـــر**

الأسئلة التي لم يتم الإجابة عليها بشأن الأصول البيولوجية لتقنية التحرير الجيني.

صفحة 32

## تعليقات





تُطبع المجلة بدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية

# المحتويات

سبتمبر 2017 / السنة الخامسة / العدد 52

## أبـحـــاث

### أنباء وآراء



NASA/JPL-CALTECH/ROBERT HURT (IPAC)









### ملخصات الأبحاث






تُطبع المجلة بدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية


SCIENTIFIC
REPORTS


ONLINE
PEER-
REVIEWED


OPEN
ACCESS
CONTINUOUS
PUBLICATION


MULTIDISCIPLINARY
ORIGINAL
RESEARCH



# تقنيـن استخـدام السجـائر الإلكـترونية

مع انتشار تدخين السجائر الإلكترونية بصورة غير مسبوقة، تندلع معركة طويلة الأمد بين الجهات التنظيمية والتشريعية وقطاع الصناعة في الولايات المتحدة؛ وإزاء ذلك، يتعين على الدولة أن تتخذ خطوات سريعة؛ لضبط استخدام السجائر الإلكترونية.

في الوقت الذي ستستغرقه في قراءة هذه المقالة، سيكون مدخن بريطاني واحد على الأقل قد تحول إلى استخدام السجائر الإلكترونية. ففي الوقت الذي تهيمن فيه حالة من الشكوك الاقتصادية على صناعات كثيرة، يشهد استخدام السجائر الإلكترونية طفرة غير مسبوقة؛ حيث يزيد حجم مبيعات سوقها العالمية – الذي يبلغ 6.1 مليار جنيه استرليني (أي ما يعادل 7.9 مليار دولار أمريكي) – حاليًّا 20 مرة أكثر مما كان عليه في عام 2010. ومن المتوقع أن يتضاعف هذا الرقم مرة ثانية خلال السنوات الثلاث القادمة.

هل يشجع التدخين الإلكتروني المراهقين على التحول إلى سيجارة التبغ الحقيقية؟ وإلى أي مدى يُعتبر آمنًا عن التدخين العادي، على وجه الدقة؟ وهل له مخاطر خفية؟ لا يزال هناك الكثير مما يتعين على الباحثين الإكلينيكيين والأطباء مناقشته، لكن الدراسات تؤكد أن السجائر الإلكترونية أقل ضررًا بكثير من السجائر العادية، وأنها ربما تساعد المدخنين على إحلال عادة أكثر أمانًا محل عادة قاتلة. ففي المملكة المتحدة – على سبيل المثال – أعلن مستشارو الصحة العامة أن السجائر الإلكترونية أكثر أمانًا من السجائر التقليدية، وأن 850 ألفًا من مستخدمي السجائر الإلكترونية يَعتبِرون أنفسهم الآن 'مدخنين سابقين'، فيما يُعَدّ انتصارًا محتملا للصحة العامة.

وتعكف عشرات الدول على تنظيم التدخين الإلكتروني، وذلك باستخدام قواعد جديدة، أو قواعد قائمة فعليًّا. ومع تراجع الضوابط الحكومية، شهدت الصناعة نموًّا هائلًا في السوق الأمريكية – وهي أكبر سوق للسجائر الإلكترونية في العالم. ففي عام 2015، بلغ حجم استهلاك السوق الأمريكية وحدها 43% من إجمالي الاستهلاك العالمي لمنتجات التدخين الإلكتروني. ورغم ذلك، اتسمت استجابة "إدارة الغذاء والدواء الأمريكية" FDA بالبطء. فقد غزت السجائر الإلكترونية السوق الأمريكية لأول مرة فعليًّا في عام 2006؛ إلا أن الهيئة لم تقدم مقترحاتها الأولية لتنظيم هذه السوق قبل عام 2014، ولم تقدم الصياغة النهائية لهذه القواعد حتى شهر أغسطس من العام الماضي.

والآن، تواجه سياسة إدارة الغذاء والدواء خطرًا محدقًا، حيث يسعى بعض المشرعين – بإيعاز من قطاع صناعة السجائر الإلكترونية – إلى تغيير هذه السياسة. ففي إبريل الماضي، ضغط هؤلاء المشرعون باتجاه إعفاء آلاف من منتجات السجائر الإلكترونية من الشروط التي تفرضها اللوائح، وذلك عن طريق محاولة إضافة الشرط الخاص بها إلى مشروع قانون مهم يختص بالتمويل، إلا أن هذه الجهود باءت بالفشل. وتبدي إدارة الرئيس دونالد ترامب - حديثة العهد - ما يدل على أنها ربما تتصدى أيضًا للقواعد الجديدة.

وفي 2 مايو 2017، أفادت صحيفة "ذي واشنطن بوست" أن إدارة الغذاء والدواء قد أرجأت سلسلة من المواعيد النهائية، التي يصبح بعدها مصنعو السجائر الإلكترونية مطالَبين قانونيًّا بوضع قائمة بمكونات منتجاتهم، وبوضع بطاقات تحذِّر من إدمانها.

ويعود السبب المعلَن لهذا الإرجاء إلى مَنْح القيادة الجديدة للهيئةَ فرصة لتقييم هذه اللوائح. وفي 9 مايو، صدَّق مجلس الشيوخ الأمريكي على القيادة الجديدة بإعلان المستثمر الرأسمالي والطبيب، سكوت جوتليب، مفوضًا لإدارة الغذاء والدواء. ويرتبط جوتليب بهذه الصناعة بعلاقات كثيرة، وسبق له أن شغل منصب عضو مجلس إدارة بإحدى شركات السجائر الإلكترونية.

ومن غير المحتمل أن تَلْقَى لوائح إدارة الغذاء والدواء بشأن السجائر الإلكترونية قبولًا لدى هذه الشركة. وعلى الجانب الآخر من الجدل، يبدي عدد كبير من الباحثين في مجال الصحة العامة رفضهم أيضًا لهذه اللوائح؛ حيث يخشى كلا الطرفين أن تؤدي صعوبة تطبيقها إلى تدمير الصناعة.

لا شك أن هذه اللوائح تفرض أعباء ثقيلة على شركات إنتاج السجائر الإلكترونية؛ لتثبت أن منتجاتها تفيد الصحة العامة؛ حيث يؤكد أحد التفسيرات أن الشركة مُلْزَمة بإثبات ذلك لكل نكهة جديدة. وقد قدرت إدارة الغذاء والدواء أن الحصول على الموافقة سيكلف الشركات أكثر من 450 ألف دولار لكل منتج، وهو ما من شأنه أن يُخْرِج الشركات الأصغر حجمًا من المشهد، ويضع هذه الصناعة بإحكام في قبضة شركات التبغ الكبرى. كما تنتشر مخاوف من أن تؤدي هذه السياسة إلى إحباط الابتكار في هذا القطاع؛ فلماذا تصنع منتجًا جديدًا، أو تصلح عيبًا في منتج قديم إذا كان ذلك سيكلف شركتك مئات الآلاف من الدولارات للحصول على الموافقة؟

لذلك، إذا أقدم الكونجرس، أو إدارة الغذاء والدواء الجديدة على إلغاء هذه اللوائح؛ فلن يتأثر لذلك كثيرون، لكن تجب المحافظة على الزخم الذي حظيت به هذه القضية مؤخرًا، لا سيما أن إدارة الغذاء والدواء تعاني من نقص في الموارد، وتناضل من أجل مواصلة مهامّها التنظيمية المتزايدة. ويجب أن تكون قادرة على التحرك بسرعة، لإصدار لوائح تنظيمية أكثر قابلية للتطبيق، وقادرة - في الوقت نفسه – على حماية المستهلك. ومن بين الخيارات المقترحة لتحقيق ذلك، وضع معايير أمان أساسية، وإلزام المصنِّعِين بإدراج المكونات، دون مُطالَبتهم بإثبات أن كل منتَج مفيد للصحة العامة.

> "تفرض اللوائح أعباء ثقيلة على عاتق شركات إنتاج السجائر الإلكترونية؛ لتثبت أن منتجاتها تفيد الصحة العامة".

لقد أثارت السجائر الإلكترونية مخاوف مشروعة. فقد انطلق عدد من علامات التحذير، نتيجة للزيادة السريعة في استعمال السجائر الإلكترونية بين المراهقين، إضافة إلى تسويق نكهات - مثل 'حلوى الدببة الهلامية'، و'العلكة' – تستهدف – فيما يبدو – المستخدمين الأصغر سنًّا. ومن الناحية المثالية، من شأن اللوائح التنظيمية أن تحافظ على معايير الأمان، وأن تحدّ من التسويق الذي يستهدف الأطفال والمراهقين، وأن تضمن – في الوقت ذاته – تَوافُر السجائر الإلكترونية؛ لصرف المدخنين عن السجائر التقليدية.

وسيرصد المراقبون أيضًا كيف ستتعامل إدارة الغذاء والدواء الأمريكية مع صراعات مصالح جوتليب المحتملة، التي يهدِّد شَبَحها بملاحقة أيّ بدائل قد تطرحها الإدارة. وقد تشكِّل طريقة إدارة الهيئة للجدل الدائر بشأن تنظيم استخدام السجائر الإلكترونية اختبارًا مبكرًا لخطتها للتغلب على صراعات جوتليب الأخرى الكثيرة المحتملة في مجال صناعة الأدوية. فعلى أقل تقدير، يجب أن تتسم الهيئة بالانفتاح والشفافية بشأن التغييرات المستقبلية المتعلقة باللوائح الخاصة بالسجائر الإلكترونية، وبشأن الأسباب التي تدفعها إلى إجراء هذه التغييرات. ■

# تكبيل علم الذكاء بالماضي

أيمكن لعلم الوراثة الحديث إنقاذ دراسة الذكاء من تاريخ شوهته العنصرية؟

"ما يعرفه أغلب الناس عن الذكاء مشوَّه في أفضل الأحوال، وعاري تمامًا عن الصحة- في أسوأ الأحوال". يأتي ذلك وفقًا لما ذكره رئيس تحرير دورية "إنتليجينس" Intelligence في عدد خاص صدر في عام 2014، تناول تدريس هذا الموضوع (Intelligence 42, 135; 2014). بل وكشف العدد نفسه عن أن موضوع الذكاء كان يشغل – في الواقع - حيزًا ضئيلًا للغاية من التعليم، على الأقل في مناهج علم النفس في المرحلة الجامعية، في حوالي ست من أرقى الجامعات الأمريكية. وفيما يبدو يختفي الموضوع تمامًا في الوقت الحالي من الدراسة في

الجامعات، لأنه يحمل أصداء نخبوية - بل والأسوأ من ذلك أنها قد تكون في الحقيقة أصداء عنصرية - تثير شعورًا بعدم الارتياح بين الطلاب والمسؤولين في الجامعات.

يا له من تشويه أسهم في نشر أفكار خاطئة على نطاق واسع حول الذكاء، وحول دوافع مَن يدرسونه. ويصح ذلك بشكل خاص عندما يتعلق الأمر بعلم وراثة الذكاء، وهو ما نَشرت دورية "نيتشر جينيتكس" *Nature Genetics* تحليلًا تاليًا عنه على الإنترنت في الأسبوع الأخير من شهر مايو (S. Sniekers *et al*. *Nature Genet*. http://dx.doi.org/10.1038/ng.3869; 2017).

يجمِّع هذا البحث دراسات الارتباط على المستوى الجيني، التي تبحث ما يقرب من 80 ألف طفل وبالغ. وكانت هذه الدراسات قد استخدمت قياسات مختلفة لـ"الذكاء العام"، بما في ذلك درجات اختبارات معدل الذكاء (IQ)، ومجموعة من الإجابات الصحيحة على ألغاز قصيرة على لوحات تعمل باللمس. ويحدد التحليل التجميعي 18 منطقة جينومية مرتبطة بالذكاء، وجينات مرشحة، ممثلة تمثيلًا كبيرًا في المخ. ويمكن لهذه الارتباطات – وفقًا للدراسة – أن تفسر حتى 4.8% من تفاوت الذكاء في تلك المجموعات.

ويُعَدّ هذا البحث هو الأحدث في سلسلة من الدراسات التي تبحث في تفاصيل كيفية تأثير علم الوراثة على القدرة الإدراكية. لاحظ كلمة 'كيفية'، فبغضّ النظر عن وجود دعاوى مغايرة، ينطوي بعضها على أسس جيدة، وبعضها لا أساس له، فإنه من الراسخ بين علماء الجينات، ومما لا خلاف فيه، أن الاختلافات الجينية تقف وراء التفاوت الشاسع في الذكاء بين الناس. كل ما في الأمر أن هذه الاختلافات تبدو متعددة وقليلة التأثير في ذاتها. وانطلاقًا من هذا، فإن الذكاء سمة بشرية كلاسيكية قائمة على جينات متعددة، شأنها في ذلك شأن الكثير من السمات الإدراكية والبدنية والأخرى، بدءًا من الاضطرابات العقلية، وصولًا إلى طول القامة.

لماذا إذَن هذا الجدل؟ لماذا يُنكر على طلاب علم النفس في المرحلة الجامعية دراسة ما هو يقينًا أحد السمات الإنسانية الأكثر جوهرية وتأثيرًا؟ ربما من غير المعتاد في أحد مجالات العلوم أن تكمن أكبر عقبات دراسة الذكاء، وفهمه على نطاق أوسع، في الماضي، وليس في المستقبل.

يبدو أن هناك ثلاث عقبات؛ الأولى، والأسهل في التغلب عليها، هي الخوف غير المبرَّر من الحتمية البيولوجية؛ فالبعض ينتابه القلق من أنه إذا كانت هناك جينات معينة تؤثر في الذكاء، فإن الأفراد الذين لا يمتلكونها لا يستطيعون تحقيق النبوغ والنجاح، لكن الأمر ليس كذلك؛ فالبيئة أيضًا تلعب دورًا كبيرًا، إذ إن حقيقة وجود جينات الذكاء لا يعني ضمنًا أن تعليم مَن لا يمتلكونها يذهب هباءً. لقد أسقط علماء الوراثة هذه الفزّاعة منذ وقت طويل.

وتتعلق العقبة الثانية بخطر التوقيت، أكثر من أي شيء آخر. فقد ازدهر علم الذكاء واختبارات الذكاء أول ما ازدهر في الوقت الذي تجسدت فيه مخاوف القرن العشرين من الهجرة في صورة سياسات؛ لحماية الرصيد الجيني لشعوب الولايات المتحدة، وبريطانيا، وغيرهما. وأصبحت بحوث الذكاء أداة قوية في أيدي علماء تحسين النسل، كما أصبح التمييز ضد هؤلاء الذين صُنفوا بأنهم 'أغبياء' ستارًا لرهاب الأجانب.

> **"يخشى بعض النقاد من أن يؤدي البحث في علم وراثة الذكاء – أيّ بحثٍ كان – إلى إعادة إضرام لهب الماضي البغيض".**

وتأتي العنصرية كعقبة ثالثة. فلا شك أن التعصب البغيض قد لازم علم الذكاء، ووقف عقبة كؤودًا في طريقه. فقد استُخدمت القياسات التاريخية لحجم الجمجمة ووزن المخ، لتعزيز مزاعم التفوق العِرقي للرجل الأبيض. ومؤخرًا، تم إرجاع الفجوة (الحقيقية، ولكن الطفيفة) بين متوسط درجات معدل ذكاء مجموعات من البيض والسود في الولايات المتحدة – خطأ – إلى فروق جينية بين العِرقين.

ويخشى بعض النقاد من أن يؤدي البحث في علم وراثة الذكاء – أيّ بحثٍ كان - إلى إعادة إضرام لهب الماضي البغيض، وتوظيفه لخدمة أغراض مريبة في المستقبل. لا شك أن التوجهات غير المرغوبة، التي وَصَمَت علم الذكاء بهذه السمعة السيئة لا تزال موجودة، كما لا تزال جعبة البحوث المريبة فيها تحوي الكثير، لكنْ لا ينبغي تكبيل علم الذكاء بماضيه.

وكما تُبيِّن دراسة تلو الأخرى، فإنّ التنوع الجيني بين الأفراد، وتأثيره على السمات الشخصية، أكثر تعقيدًا وغموضًا مما توصل إليه العلماء، حتى في بداية القرن الحالي. وكلما سبر الباحثون أغوار السمات الشخصية، مثل الذكاء، وأثبتوا عدم وجود أساس جيني للتمييز؛ نَأَوا بأنفسهم عن أخطاء الماضي. وبالتالي، يجب تحديث ما يعرفه معظم الناس عن الذكاء. ■

# المرجان ينتحِب

**في الوقت الذي يعاني فيه الحاجز المرجاني العظيم من أضرار قاتلة يُحتمل أن تتزايد، من غير المنطقي تقليل التمويلات المقدَّمة إلى أحد البرامج العالمية، الذي يقوم بتحليل مخاطر تغيُّر المناخ.**

يفضِّل "البرنامج العالمي للبحوث المناخية" WCRP النظر إلى الأمام.. فحتى المبادرة ذات المسار السريع، التي أطلقها بشأن التنبؤات المناخية قريبة المدى، تتحدث عن عقود من الزمن، كما هو الحال في جزء كبير من علوم تغيُّر المناخ. إنّ التغلب على التغيرات الموسمية، والتمكن من قول أي شيء معقول عن الأحداث المستقبلية، يحتاجان إلى وقت، لكن كم نملك من الوقت؟ وإلى متى يستطيع البرنامج العالمي للبحوث المناخية مواصلة عمله، في ظل الاستقطاعات الكبيرة من ميزانيته؟

هناك ما يبرر تحوُّل مسألة ذوبان الأنهار الجليدية إلى موضوع مبتذل، وذلك في السنوات التي شهدت ذروة الاهتمام السياسي والإعلامي بعلم المناخ، منذ حوالي عقد من الزمن، أو نحو ذلك. وأغلب التأثيرات الحادة الأخرى التي سبق التنبؤ بها – في الأنواع، ومستويات سطح البحر، ورفاهية الإنسان – قد تَنَحَّت جانبًا؛ للنظر فيها مستقبلًا. والآن، أمام محرِّري الصور الذين يبحثون عن دلائل معاصِرة على الاحترار العالمي موضوع جديد، هو الحاجز المرجاني العظيم في أستراليا. وللعام الثاني على التوالي، تتعرض الشِّعاب لأضرار بالغة؛ بسبب عمليات ابيضاض واسعة النطاق، تنتج عادةً عن ارتفاع في درجات حرارة المياه. وقد أكدت مسوح جوية أُجريت في الأسبوع الثاني من شهر مارس هذا الخبر السيئ. ويعكف حاليًا حُمَاة البيئة والباحثون على تقييم حجم الأضرار التي وقعت مؤخرًا، وهو ما قد لا يُعرَف حتى نهاية العام الحالي.

تنتج كارثة الشِّعاب المرجانية – التي استمرت لفترة طويلة - عن مناخ أكثر دفئًا، كما أنها تُعَدّ إنذارًا مبكرًا لما قد يعقب ذلك، لكنّ المحيطات أماكن شديدة التعقيد، كما أن كيفية، ومكان، وتوقيت الظهور المحتمل لمزيد من الاضطرابات - في نظم بيئية بحرية أخرى، على سبيل المثال – هي أمور يصعب التنبؤ بها.

وهنا، تظهر قيمة "البرنامج العالمي للبحوث المناخية". ورغم اسمه الرنان، لا يمثل هذا البرنامج سوى ترس صغير في عجلة علوم المناخ العالمية؛ إلا أن الأموال المخصصة لتدشين واستمرار المشروعات، التي يقدمها البرنامج الذي يتلقى الجزء الأكبر من تمويله من "المنظمة العالمية للأرصاد الجوية" WMO، ورعاة محليين، قد أدت إلى زيادة البحوث التعاونية؛ لإحداث تحوُّل كامل في الفهم العلمي لنظام المناخ على الأرض.

إنّ الميزانية الضئيلة للبرنامج العالمي للبحوث المناخية قد شهدت تراجعًا حادًّا، ومن المتوقع أن تتضاءل أكثر. فقد انخفضت مخصصات الميزانية المقدَّمة من المنظمة العالمية للأرصاد الجوية من 1.7 مليون فرانك سويسري (ما يعادل 1.7 مليون دولار أمريكي) في عام 2016، إلى 1.4 مليون فرانك سويسري في عام 2017. وفي بعض المشروعات، سيُترجَم ذلك إلى استقطاعات كبيرة، فعلى سبيل المثال، مِن المحتمل أن تتراجع الميزانية المخصصة لاجتماعات مجموعة عمليات المنطقتين العلوية والسفلية من الغلاف الجوي، التابعة للبرنامج، التي تم الاستقطاع منها فعلًا بصورة كبيرة خلال السنوات الثلاث الماضية إلى نصف ما كانت عليه في العام الماضي، لتبلغ حوالي 30,000 دولار أمريكي في هذا العام. وفي هذه الأثناء، من المتوقع أن تتراجع ميزانية التشغيل المخصصة للمجموعة بصورة أكبر، من أجل التقلبات المناخية والمحيطية، وإمكانية التنبؤ بها، وتغيُّرها. وتعني هذه الاستقطاعات أن هذه المشروعات وغيرها من المشروعات الأساسية ستضطر إلى الحدّ من أنشطتها بصورة كبيرة جدًّا.

## تحديات كبرى

في جوهر الأمر، كان البرنامج الهادف إلى بناء المجتمع، وكذلك الاجتماعات التي يموِّلها "البرنامج العالمي للبحوث المناخية"، وأنشطة التخطيط للمشروعات، بمثابة نواة للجهود الدولية المبذولة في مجال بحوث المناخ. يعزِّز البرنامجُ البحوثَ المرتبطة بسبعة "تحديات كبرى" تواجه علوم نظام الكرة الأرضية، وبحوث التأثيرات المناخية، بما في ذلك حساسية المناخ تجاه ارتفاع تركيزات غازات الدفيئة، واستجابات الكربون، وارتفاع مستوى سطح البحر.

يلعب "البرنامج العالمي للبحوث المناخية" دورًا رئيسًا أيضًا في تقييم مصداقية التنبؤات المناخية المستنِدة إلى نموذج، مثل تلك المستخدَمة من قِبَل "اللجنة الدولية للتغيرات المناخية" IPCC. يقدِّم البرنامج بهذه الطريقة - وبتكلفة منخفضة نسبيًّا - آلية لتعزيز بحوث المناخ الدولية، والتنسيق بينها. كما يدعم البرنامج – وهذا هو الأهم – مشاركة علماء من الدول النامية؛ إذ ربما لا يتسنى لكثير منهم حضور اجتماعات المناخ الدولية المهمة بدون هذا الدعم.

وبطبيعة الحال، يجب أن تتغير أجندة بحوث المناخ ذاتها، في ظل التقدم العلمي، وتسارع وتيرة سياسات المناخ الدولية، لكنّ الاستقطاعات الكبيرة من ميزانية "البرنامج العالمي



تُطبع المجلة بدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية

للبحوث المناخية" – المتواضعة في الأساس – تهدد باستبعاد بعض العلماء، خاصة مَن ينتمون إلى الدول الأفقر.

وإذا لم تقتنع "المنظمة العالمية للأرصاد الجوية" بضرورة التراجع عن تلك الاستقطاعات (ويتعين على العلماء الضغط عليها من أجل تحقيق ذلك)، فعندئذ يجب على الشركاء الممولين المحليين التدخل بدفع الأموال؛ لمنع إصابة البرنامج بشلل وشيك. إنّ خنق برنامج مناخي يهدف إلى وضع جدول للأعمال، كان قد حمل في طياته قيمة جيدة وملفتة مقابل مبالغ صغيرة نسبيًّا منذ تدشينه في عام 1980، سيمثل دلالة محبطة؛ في وقت تتزايد فيه حالة عدم الاكتراث بالتغيرات المناخية، ويتزايد تَقَبُّلها. وفي الولايات المتحدة، تفكر إدارة الرئيس دونالد ترامب حاليًّا في تطبيق ما قد تُعتبر استقطاعات مدمرة من ميزانيات وكالة حماية البيئة، والإدارة الوطنية للمحيطات والغلاف الجوي. كما أن عدم دعم البرنامج العالمي للبحوث المناخية سيبعث بدلالة مثيرة للقلق تفيد بعدم تثمين الجهود الدولية الأخرى أيضًا، ومن بينها جهود اللجنة الدولية للتغيرات المناخية، إضافة إلى إمكانية مواجهتها لأزمة مشابِهة.

مرة ثانية، يُلْقِي مصيرُ الحاجز المرجاني العظيم الضوءَ على قيمة البحث المتواصل. وكانت دورية *Nature* قد نشرت - في الأسبوع الثالث من شهر مارس – تقييمًا لخطر الابيضاض، تم إعداده قبيل نشر آخِر المستجدات. قَيَّم الباحثون ثلاثة حوادث ابيضاض رئيسية ضربت الشعاب: واحد وقع خلال العام الماضي، والاثنان الآخران وقعا في عامي 1998، و2002. وتوضح الدراسة – من خلال تحليل شِعاب منفردة – كيف أن هناك شِعابًا مرجانية أكثر عرضة للابيضاض من غيرها، وتؤكد أن التأثير الجغرافي المميز للابيضاض تحرِّكه - في الأساس - أنماط احترار سطح المحيط. ووقعت مناطق أكثر غير مبيضة باتجاه الطرف الجنوبي للشعاب، حيث تكون المياه - بوجه عام - أكثر برودة. ويرى العلماء أن الإدارة المحلية لمصائد الشعاب وجودة المياه لم تقدم أي حماية – أو حماية قليلة – ضد الحرارة الشديدة، لكنها رغم ذلك قد تساعد هذه الأنظمة البيئية على التعافي.

**"هناك حالة من عدم الاستقرار، لا زالت تهيمن على عِلم تغيُّر المناخ متعدد الأوجه".**

يوضِّح ذلك كله حالة عدم الاستقرار التي لا زالت تهيمن على عِلم تغيُّر المناخ متعدد الأوجه. ومن ثم، يجب التصدي بحزم للتحديات الكبرى التي تواجه "البرنامج العالمي للبحوث المناخية". وبينما تستعد غالبية الدول لتنفيذ اتفاق باريس للمناخ، ستظهر حتمًا تحديات جديدة تتعلق بمراقبة السياسات، والتحقق من صلاحيتها. لذا.. يجب أن يكون البرنامج قادرًا على مواصلة تقديم إرشادات حول كيفية تحقيق الاستفادة القصوى من العِلم الموجود حاليًّا. وقد كان ذلك البرنامج ينطق باسم تخصُّص يجب أن يتنافس في المواهب والتوعية العامة مع مجالات أكثر وجاهة وأكثر تمويلًا. وستمثل تصفيته ببطء هدية لمن يؤكدون - بشكل خاطئ - أن علم المناخ لم يعد مطلوبًا. ■

# تقليــص خطـِـر

## إنّ أعداد الجرّاحين المنغمسين في العمل البحثي في انخفاض، وهو تَوَجُّه لا بد من عكسه.

في مسلسل ستيفن سودربرج التلفزيوني الراقي "الموهبة" The Knick، الذي تَجري أحداثه في مستشفى في مدينة نيويورك في مطلع القرن العشرين، يعمل علماء جرّاحون متنافسون ومدفوعون بقلق شديد على مسائل طبية، كانت ساخنة آنئذ، كمسألة تحديد فصائل الدم؛ للتمكن من نقل الدم، على سبيل المثال، وجراحة ترميم الوجه، التي تعيد الثقة بالنفس والكرامة لمن شوههم مرض الزهري.

منذ أن قدَّم لنا العصر الحديدي للمرة الأولى أدوات القَطْع الجراحي الضرورية، وأدعياء المعالَجة يقومون باختبار العمليات الجراحية، لكن ما زالت الحاجة إلى تطوير مجال الجراحة قائمة. فبدءًا من أول عملية زرع قلب تمت في عام 1967، وحتى ظهور التحفيز الدماغي العميق، والآمال المعلَّقة على الطب التجديدي، ثمة حاجة إلى إجراء البحوث؛ لنقل الاكتشافات التي تتم داخل المختبرات إلى أسِرّة المرضى.

إنها لمشكلة إذًا أن نجد الجرّاحين يهجرون بشكل متزايد الأعمال البحثية. وتشير الدلائل إلى أنه - مقارنة بما كان قبل عقد أو عقدين - يتقدم الجرّاحون الآن بطلبات أقل، للحصول على منح، ويحصلون على القليل منها أيضًا، كما ينشرون بحوثًا أقل، وربما يشعرون - وقد يكون ذلك هو الأسوأ - أن العمل البحثي ليس جزءًا من مهامّهم. وتشير تقارير غير مؤكدة إلى أن هذا النمط واسع الانتشار، ولا يقتصر على الولايات المتحدة، حيث أفضل توثيق له.

ويشير آخِر تقرير نُشر عن الموضوع - في شهر سبتمبر الماضي في دورية "أنالز أوف سيرجري" Annals of Surgery - إلى أنه وفقًا لمعيارين مختلفين، ينحسر اهتمام الجرّاحين الأكاديميين بالبحوث في الولايات المتحدة بشكل تتابعي (S. G. Keswani et al. Ann. Surg. http://doi.org/b52r; 2016).

وقد اطلع التقرير - الذي أعدَّته جمعية جراحين الجامعة (SUS) - على المِنَح المقدَّمة من "معاهد الصحة الوطنية الأمريكية" NIH للـ25 مركزًا - الطبي الأكاديمي - الأعلى تمويلًا، فوجد أن نسبة التمويل الموجَّهة إلى أقسام الجراحة قد انخفضت من 3% إلى 2.3%، خلال الفترة بين عامي 2006، و2014. وفيما يخص كليات الطب المنفردة، انخفضت كذلك نسبة التمويل التي تذهب إلى أقسام الجراحة. ويتفق ذلك مع دراسات سابقة، أظهرت أن عددًا أقل من العلماء الجراحين يتقدمون بطلبات للحصول على مِنَح "معاهد الصحة الوطنية الأمريكية"، وأن مَن يفعلون ذلك يبدو أنهم أقل تفوقًا من زملائهم في التخصصات الطبية غير الجراحية (S. J. Rangel and R. L. Moss Surgery 136, 232–239; 2004).

كما اطلع التقرير على عدد ملخصات الأبحاث المقدمة لمؤتمر الجراحة الأكاديمي (Academic Surgical Congress) السنوي، بين عامي 2011، و2015، فوجد أن عدد الملخصات المتعلقة بالعلوم الأساسية قد انخفض بنسبة 24%.

إذًا، ما الذي يقف وراء هذا التحول المرعب؟ في استطلاع للرأي، أُجري في أوساط الجراحين الأكاديميين في عام 2000، أعرب أغلبهم عن إيمانهم بقيمة البحث العلمي الأساسي، حتى وإنْ وجدوا أن واجباتهم الطبية والإدارية المتنامية تعوق نجاحهم. لكن بحلول الوقت الذي صدر فيه تقرير جمعية جَرّاحي الجامعة، كان قد حدث تغيُّر في المزاج العام؛ حيث تجاوَب حوالي ألف جراح أكاديمي مع استطلاع للرأي، أجراه مؤلفو التقرير. قال أكثر من نصفهم إن البحوث الأساسية كانت لها الأولوية في أقسامهم، بينما قال الثلث فقط إنه كان واقعيًّا أن نتوقع نجاح الجرّاحين في البحوث الأساسية. وقد قال معظمهم إنهم ليس لديهم الوقت ولا الحافز لإجراء البحوث، وإنهم - على أي حال - يفتقرون إلى الدعم والتمويل الملائمَين من جهة الأقسام. كما رأى الثلثان تقريبًا أن قيام المتدربين بالعمل على البحوث الأساسية يجب أن يقتصر على مجموعة معينة من الأطباء المقيمين، ممن لديهم الطموح والموهبة للنجاح في الأنشطة البحثية المستقبلية.

أما الأقسام الطبية غير الجراحية، فلم تتأثر بالشكل نفسه. ولعل ذلك يعود إلى أن ضغوط الوقت على الجرّاحين أكبر حتى من تلك التي تقع على الأطباء الآخرين. ويواجه الجرّاحون الزيادات نفسها في الواجبات الإدارية التي يواجهها أعضاء هيئة التدريس الآخرين في كليات الطب؛ إلا أن مهامّهم الطبية قد زادت على نحو أسرع. وبشكل متزايد، تعتمد المستشفيات الأمريكية على الدخل الذي يأتي عن طريق عمل الجرّاحين، ولا تجد التحفيز الكافي لتشجِّعهم على قضاء الوقت في البحوث.

إن انسحاب الجرّاحين من المجال البحثي يمثل مشكلة، يجب تداركها؛ وإيقافها. فالطب الانتقالي بحاجة ماسة إليهم؛ ودائمًا ما كان الجرّاحون يهيمنون على مجال زرع الأعضاء، وعلى علم المناعة المتعلق به، كما تتطلع هذه المجالات إلى مستقبل يتضمن الطب التجديدي، وربما عمليات زرع الأعضاء الغريبة "xenotransplantation"، (وهي عملية زرع أنسجة وأعضاء من أنواع أخرى). وثمة حاجة ماسة إليهم أيضًا في الأعمال البحثية المهمة، المتعلقة بالأمراض التي تُعالَج جراحيًّا، والتي نادرًا ما تظهر في عناوين الأخبار، ومنها - على وجه الخصوص - تصحيح العيوب الخلقية، إضافة إلى الاضطرابات التي تصيب البالغين، والتي تعتمد على المهارات الجراحية، مثل سرطانات البنكرياس.

كما أن الانخراط في العمل البحثي يسمح للجرّاحين أيضًا باكتساب المهارة في عملهم اليومي، والحكم على جودة العمل الذي يقوم به أقرانهم؛ ومن ثم الحفاظ على مستوى الجودة، وتحسينه.

أمّا صانعو السياسات، فعليهم خلق بيئة رعاية صحية تحفِّز المستشفيات على النظر إلى مسألة رعاية المرضى على أنها مرتبطة حتمًا بالعلم، وإلى التوقف عن النظر إلى الجرّاحين على أنهم مصادر دخل سهلة، لكن ذلك لن يحدث في المستقبل القريب. وإلى أن يحدث، يجب على الأقل أن تخفف الهيئات التمويلية من العبء الموضوع على الجرّاحين المشغولين، والمصاحِب لعملية تقديم الطلبات للحصول على المنح. وفي المقابل، يجب على الجرّاحين الأكاديميين أن يتقدموا بطلبات أكثر، ومن ثم زيادة فُرَصهم في الحصول عليها. ■

ARABICEDITION.NATURE.COM
**للتعليق على المقالات، اضغط على المقالات الافتتاحية بعد الدخول على الرابط التالي:**
go.nature.com/nqvdkp



# دول العالم الثالث تحتاج إلى ما هو أكثر من مجرد أرقام

تقول **داينا روكميانينجسيه** إنه يجب على واضعي السياسات الاطلاع على محتوى البحوث المنشورة، وعدم الاكتفاء بإحصاء أعدادهم فقط.

يَعْلَم معظم العلماء أن عوامل التأثير الخاصة بالدوريات العلمية تمثل مقياسًا بدائيًّا ومضللًا - في بعض الأحيان – للبحوث المنشورة، إلا أن المقاييس البسيطة تلك ستظل تحتفظ بجاذبيتها. ونرى ذلك في تدشين مؤسسة النشر العملاقة "إلسفيير" Elsevier مسابقة خلال شهر يناير الماضي لعوامل التأثير، وكذلك الاستخدام المتواصل لهذا المقياس؛ لتقييم الأفراد الباحثين؛ ومكافأتهم.

هنا في إندونيسيا، بدأت الحكومة مكافأة العلماء الذين ينشرون بحوثهم في دوريات ذات عامل تأثير مرتفع، بمنحهم أموالًا نقدية. تهدف "الجائزة الدولية للنشر العلمي" إلى تشجيع العلماء على نشر بحوثهم في دوريات عالمية مفهرسة من قِبَل "سكوبوس"، أو "تومسون رويترز". ويمكن للعلماء الأفراد الحصول على جوائز تصل إلى 100 مليون روبية (ما يعادل 7,400 دولار أمريكي) لكل بحث منشور، حسب عامل التأثير الخاص بالدورية.

وتتبنى دول نامية أخرى منهجية مشابهة. ففي تايلاند، تَمنح الجامعاتُ الخاصة حوافز للعلماء الذين ينشرون بحوثهم في دوريات تتعرض الأبحاث فيها لمراجعة الأقران. أما في فيتنام، لا تُمنح الجوائز المالية، لكن النشر الدولي يمنح العلماء "نقاطًا" تؤثِّر على تَقَدُّمهم الوظيفي.

في إندونيسيا، شهدت المرحلة الأولى من البرنامج فوز مؤلفي 475 بحثًا بأموال إضافية. ويمكن لذلك أن يصنع فارقًا جوهريًّا: فمبلغ الـ100 مليون روبية يبلغ 10 أضعاف الراتب الشهري الذي يحصل عليه أيّ عالِم يعمل في هيئة حكومية. ويمكن لتلك الأموال أن تساعد في بناء مشروعات طويلة المدى.

وبموجب النظام الحالي، يحصل العلماء المُمَوَّلون من الحكومة في إندونيسيا على مِنَح لعام واحد فقط. وأحيانًا تؤدي البيروقراطية إلى تأخُّر تسليم الأموال حتى منتصف العام، بينما يتعين على العلماء كتابة تقاريرهم النهائية في شهر نوفمبر. ووفقًا لرأي سانجكوت مرزوقي، رئيس الأكاديمية الإندونيسية للعلوم، يصعِّب هذا النظام على باحثينا النشر في دوريات ذات عامل تأثير مرتفع؛ نظرًا إلى ضيق الوقت الذي لا يسمح لهم بالعمل على بحوث دقيقة وعالية الجودة.

ويبدو أن الإحصاءات تؤيد هذا الرأي؛ فمن بين 159 دولة مسجلة في قاعدة بيانات مؤشر دورية "نيتشر" Nature Index، قامت 103 دول بنشر أقل من 100 بحث علمي في دوريات مختارة في عام 2015-2016، وتأتي إندونيسيا من بين هذه الدول. فرغم أننا رابع أكبر دولة في العالم من حيث عدد السكان، إلا أننا لم ننشر سوى 0.16% فقط من عدد البحوث المنشورة من قِبَل علماء أمريكيين في الفترة نفسها.

يُعَدّ برنامج المكافآت الخاص بالحكومة – رغم بساطته – وسيلة جيدة لإنتاج مزيد من البحوث ذات الجودة العالية، إذ يُعَدّ تعزيز الروابط الدولية وكتابة البحوث – إلى جانب الاستثمار في البنية التحتية – منهجية أساسية لتحقيق التقدم العلمي.

وثمة شيء أكثر أهمية يجب عمله، فإندونيسيا تنتج عددًا قليلًا من الدراسات كل عام، إلا أن هذه الدراسات تخلص إلى نتائج يمكن أن تؤثر بشدة في العالَم بوجه عام، وفي إندونيسيا بوجه خاص. لذا فإنه من الخطر النظر إلى الأوراق البحثية باعتبارها المنتج الوحيد للعلوم بشكل عام. وينطبق ذلك بالقدر نفسه على القوى العظمى العلمية، ومنها الولايات المتحدة، وأوروبا، مثلما ينطبق على الدول النامية، مثل إندونيسيا.

في حالة إندونيسيا، تتضمن البحوث القليلة تلك دراسات حول التغيرات المناخية، وجيولوجيا الزلازل، وعلم الوراثة الخاص بالملاريا، والغابات الاستوائية، والأراضي الخث، والفيزياء عالية الطاقة. ويمكن أن تساعد النتائج في جعل بلدنا مكانًا أفضل للعيش. ورغم ذلك.. وبناءً على خبرتي في تغطية القضايا العلمية، تتعرض غالبية هذه النتائج للإغفال عند وضع السياسات. وهذه مشكلة، يتعين على إندونيسيا - وغيرها من الدول - التصدي لها.

في الشهر الماضي – على سبيل المثال – نشر علماء إندونيسيون دراسة حول نظام صدع جيولوجي جديد في المحيط الهندي، يزيد من فرص حدوث الزلازل في شمال سومطرة (S. C. Singh *et al*. *Sci*. *Adv*. **3**, e1601689; 2017). ولا تقتصر قيمة هذا البحث على إسهامه في تعزيز مكانتنا العلمية في الخارج، وإنما تتعداها إلى دوره في تطوير سياسات التخفيف من آثار الكوارث في الداخل.

وحتى يتمكن العِلْم من التأثير في السياسة، لا بد من طريقة يعبر بها العلماء عن آرائهم، وتصل بها أصواتهم إلى الحكومة. ففي العام الماضي، حاولت "أكاديمية يونج الإندونيسية للعلوم" أن تكون هي صوت الباحثين. وقد أخبرني بيري جولياندي - وهو أحد الأعضاء - أن الأكاديمية تواجه تحديات كثيرة؛ لضمان وضع السياسات من قِبَل الحكومة على أسس علمية.

> حتى يتمكن العِلْم من التأثير في **السياسة،** لا بد من طريقة يعبِّر بها العلماء، وتصل بها **أصواتهم** إلى **الحكومة".**

أما الطريقة الأخرى لعبور الفجوة بين العلوم المحلية والحكومة، فتكمن في تطوير الصحافة العلمية في البلاد؛ لزيادة الوعي العام والحوار المجتمعي. فهناك حاجة ماسة إلى ذلك، ظهرت بشكل واضح في الملحمة طويلة الأمد التي تخوضها الحكومة، في محاولات للقضاء على داء الفيلاريات الليمفاوية، وهو من أمراض المناطق المدارية المهمَلة، وتُسَبِّبه الديدان.

ومن ثم، اقترح علماء من جامعة إندونيسيا أن تقوم الحكومة بإجراء تعديلات محلية على التوصيات التي أصدرتها "منظمة الصحة العالمية" WHO؛ للقضاء على المرض. تستند التوصية الخاصة بتناول الدواء على مدار العام إلى مواجهة نوع من الديدان، هو *Wuchereria bancrofti*، المسبِّب لنوع من داء الفيلاريات، هو الأكثر انتشارًا في العالم، وتبلغ دورة حياته من 9 إلى 12 شهرًا، لكن العلماء أكدوا أن نوع داء الفيلاريات الأكثر انتشارًا في إندونيسيا تُسَبِّبه ديدان *Brugia malayi*، وهو نوع آخر من الديدان، له دورة حياتية أقصر. كما أن التعاطي السنوي للدواء غير فعال، إذ يمنح الديدان وقتًا كافيًا للنمو والانتشار. وقد نشر العلماء النتائج في دوريات علمية (على سبيل المثال، T. Supali *et al*. *Clin*. *Infect*. *Dis*. **46**, 1385 – 1393; 2008)، إلا أن وزارة الصحة تُصِرّ على تجاهُل هذه النتائج، وترفض تغيير الخطة.

لذا.. يجب تسليط الضوء على الفجوة التي تفصل بين الباحثين والحكومة، عندما يرغب واضعو السياسات في إندونيسيا - أو في أي مكان آخر – في صياغة استراتيجية لدعم العلوم. ربما يكون إنتاجنا البحثي قليلًا، لكن لا يزال بوسعنا عمل المزيد؛ لتحقيق الاستفادة القصوى منه. ■

**داينا روكميانينجسيه** صحفية علمية حرة، تعيش في جاكرتا.
البريد الإلكتروني: drochmya87@gmail.com


تُطبع المجلة بدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية

## نظرة شخصية على الأحداث


JOSH MARTIN

# ليكن العِلْم منصة انطلاق للعمل السياسي

**جيمس مارتن** يؤكد أن الحكم الرشيد يتطلب العقلية نفسها اللازمة لإجراء بحث جيد.

في أثناء قيام الأمريكيين بالتحضير للألعاب النارية وحفلات الشواء الخاصة بمناسبة ذكرى "الرابع من يوليو"، كان كثيرون منهم يتذكرون توماس جيفرسون، باعتبار أنه هو مَن كَتَبَ إعلان الاستقلال الأمريكي. ويعرف عدد أقل منهم أن جيفرسون كان يتواصل بانتظام مع العلماء في زمانه، ومن بينهم الكيميائي جوزيف بريستلي، الذي يرجع الفضل إليه في اكتشاف الأكسجين. اعتاد بريستلي أيضًا أن يلتقي بصديقه بنجامين فرانكلين، رجل الدولة الأمريكي، والمخترع؛ لمناقشة أفكار مختلفة، بدءًا من الكهرباء، حتى نظرية الغازات، ووصولًا إلى ضرورة الدفاع عن الحريات الدينية.

ورغم تعيين الحكومات لمستشارين علميين، وإيلاءها أولوية للبحث العلمي، وتمويل أغلب البحوث العلمية الأكاديمية، فإن العلاقة بين العلوم والسياسة أصبحت متوترة؛ إذ أصبح يُنظر إلى انخراط العلماء في الحياة المدنية على أنه أمر يسيء إلى سُمْعتهم، باعتباره عملًا متدنيًا فكريًّا.

وبشكل عام، دائمًا ما كان العلماء يلتزمون الصمت حيال الأمور السياسية، مالم تقع برامجهم البحثية تحت التهديد. والآن، وفي ظل بيئة يغلب عليها الاستقطاب، عاد الكثير من العلماء للانخراط في الحياة المدنية، بل وحتى الترشُّح للمناصب السياسية (انظر: *Nature* **544**, 259–261; 2017).

أعملُ حاليًّا أستاذًا للكيمياء، وأُدَرِّس لطلاب مرحلة البكالوريوس، كما أدير مختبرًا بحثيًّا، وقد انتُخِبت عضوًا لمجلس إدارة هيئة مدرسية، هي الخامسة عشرة من حيث الحجم في الولايات المتحدة، تقدِّم خدماتها للطلاب، بدءًا من مرحلة الروضة، حتى انتهاء المرحلة الثانوية. وفي العام المقبل، سيلتحق 161 ألف طالب وطالبة بمدارسنا الـ181.

بالطبع، لستُ أنا العالِم الأول الذي يشغل منصبًا رسميًّا بالانتخاب، لكنني أعتقد أن تجربتي قد تفيد أي باحث يرغب في الانخراط بصورة أكبر في الحياة المدنية.

خطوتُ خطوتي الأولى في مجال السياسة - الذي كان غريبًا بالنسبة لي - حين انتُخبت رئيسًا لأعضاء هيئة التدريس في جامعة ولاية كارولينا الشمالية في رالي. دائمًا ما يُنظر إلى الحوكمة الجامعية على أنها غير مجدية، لكنّ مشاركة الباحثين والمُحَاضِرين دائمًا ما تشكِّل أفضل علاج للسياسات غير الفعالة. وقد أعدت النظر في سياسة مراجعة ما بعد تولي الوظائف الأكاديمية، التي كانت أكثر تمركزًا حول أعضاء هيئة التدريس (فقد أتاحت - على سبيل المثال- للمنشورات الخاضعة لمراجعة خارجية، وللمِنَح أن تحلّ محلّ بعض متطلبات خطابات التقييم الخارجية).

بدأتْ عملية انتقالي إلى المنصب العام من مدرسة أبنائي؛ إذ تشتهر إدارة مدارس مقاطعة ويك العامة في ولاية كارولينا الشمالية بتبنِّي سياسات الاندماج الفعال، إذ تعمل على التأكد من أن الطلاب من مختلف الأعراق والمستويات الاقتصادية يدرسون مع بعضهم البعض في الفصول نفسها، كما يحتلّ بعض مدارس وسط المدينة مرتبة متقدمة ضمن المدارس الأعلى أداءً على مستوى الولاية.

وفي عام 2009، نجحتْ مجموعة حزبية - تسعى لإلغاء السياسات الداعمة للاندماج - في السيطرة على الإدارة التعليمية الخاصة بنا، وبدأتْ في تهديد مدارسنا؛ فدفعني ذلك إلى البدء في حضور اجتماعات مجلس الإدارة، والتحدث فيها. وفي عام 2011، وبتشجيع من بعض أعضاء المجتمع ونجلاي اللذين كانا يبلغان من العمر حينها 13 عامًا، و16 عامًا، ترشّحتُ لمجلس إدارة المدرسة، حيث أقضي الآن فترة ولايتي الثانية.

وبالنسبة إلى أغلب السياسيين، يبدو العلماء غرباء، والعكس صحيح؛ إذ يبدو السياسيون غرباء بالنسبة إلى العلماء، إلا أن وجهة نظرنا لها أهمية كبيرة في الحوكمة الديمقراطية.

أعتمدُ في منصبي - كمسؤول مُنتخَب - على خبرتي في تحويل كميات كبيرة من البيانات إلى مواد بصرية واضحة. وقد علمتني خبراتي في فك شفرات آليات التفاعل الكيميائي أنْ أطرح الأسئلة من وجهات نظر متعددة، وأنْ أفكر في تفسيرات بديلة؛ الأمر الذي يساعدني على موازنة احتياجات الدوائر الانتخابية المتنوعة.

اعتدتُ صياغة الأسئلة، وطَرْحها قبل وقت طويل من بدء السعي وراء إجابات. ولذا، أقوم بجمع الكثير من البيانات، من خلال إحصاءات ومحادثات مع الناخبين. كما أذكِّر نفسي باستمرار بأن الحوكمة شأنها شأن الأعمال البحثية، تتسم بالبطء والمنهجية. وفي كلا المجالين، يقضي المرء حوالي 90% من وقته في أعمال روتينية مملة غير ملهِمة، لكنْ إذا لم تكن منخرطًا بشكل كُلّي في عملك؛ فسيفوتك الكثير من الفرص.

لا تتعلق الحوكمة بالمحاربة من أجل قضية واحدة فقط. ونصيحتي لأيّ عالِم يرغب في شَغْل منصب سياسي أن يترشح باعتباره شخصًا سيجلب خبرات، وأفكارًا، ورؤى، وليس ناشطًا سياسيًّا بأجندة معينة. وعليك أن تبذل الجهد في متابعة عمل أي منصب سياسي، قبل أن تترشح له. فقد حضرتُ جميع اجتماعات مجلس إدارة المدرسة على مدار عامين، قبل أن أقرر الترشح. فقد ساعدني فهمي للوظيفة، وكيف تُدار الأمور في أن أصبح أكثر فعالية بعد انتخابي. (إنّ مَن يفكرون في الترشح لأي منصب يجب أن يدركوا أن الكثير من كبار السياسيين قد اكتسبوا أولى خبراتهم بالمناصب المنتخبة من خلال العمل في مجالس إدارة المدارس).

> "تَرَشَّحْ باعتبارك شخصًا سيجلب **خبرات، وأفكارًا،** ورؤى، وليس **ناشطًا سياسيًّا** بأجندة معينة".

وإذا كنا نحن العلماء نرغب في أن يشغل المناصب العامة أشخاص يفهمون العلوم، فيتعين علينا دعمهم. فأحد أسباب وجود الكثير من المحامين في المناصب السياسية يعود إلى أنهم يدعمون بعضهم البعض في الحملات السياسية، لكنْ على النقيض، عادة ما يفترض الزملاء أنني قد توقفت عن إجراء البحوث؛ لأشتغل بالسياسة، كما أن مراجِعي المنح عادةً ما يرون الانخراط السياسي نوعًا من التشتيت.

إلا أن إصراري قد منحني الكثير من الاحترام في الوسط الأكاديمي، وفي النطاق الأوسع من المجتمع. يرى طلابي انخراطي في الحياة العامة دليلًا على اهتمامي بتعليمهم. (حتى إنّ بعضهم اعترف لي بسرقة بعض لافتات الحملة الانتخابية، والاحتفاظ بها كتذكار خلال انتخابات فصل الخريف الماضي). وقد ساعدني التعامل مع فجوات تحقيق النجاح، وكذلك التحيز غير المقصود ضد الإناث والأقليات في عملي السياسي، في تحسين طريقتي في التدريس. فحين أناقِش تاريخ العلوم، أسلِّط الضوء على حقيقة أن جزءًا كبيرًا منه قد كتبه بعض "الأشخاص البيض الذين وافتهم المنية"، وأنني أرغب في التأكد من أن يوضع الجيل القادم من تاريخ العلوم من قِبَل مجموعة أكثر تنوعًا. وبعد أن انتهيتُ من تدريس المادة، كَتَب لي أحد الطلاب مشيرًا إلى حقيقة أن عددًا قليلًا فقط من المدرسين يلاحظ انعزال طلاب الأقليات.

لسوف يتحسن حال كلٍّ من العلوم، والمجتمع، إذا ما أصبح العلماء أكثر نشاطًا على الصعيد السياسي، داخل مؤسساتهم وخارجها. فقد انخرط العلماء قديمًا في اليونان في العلوم الطبيعية والسياسة، كأمر طبيعي، ولذا، لا أعتقد أن ظهور الديمقراطية في هذه البيئة كان من قبيل الصدفة. ■

**جيمس مارتن** يعمل أستاذًا للكيمياء في جامعة ولاية كارولينا الشمالية، كما أنه عضو في مجلس الإدارة التعليمية لمقاطعة ويك.
البريد الإلكتروني: jim_martin@ncsu.edu


تُطبع المجلة بدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية

# أضـواء على الأبحـاث مختارات من الأدبيات العلميـة

تكنولوجيا

## طائرة بلا طيار مُستلهَمة من حشرات

تستطيع طائرة صغيرة بلا طيار، وبأجنحة تشبه أجنحة الزنبور، أن تستعيد شكلها الصحيح بعد ارتطامها.

عادةً ما يحاول صناع هذه الطائرات حماية أجهزتهم باستخدام إطارات قوية وضخمة، لكنها - في أغلب الأحيان - تفشل عند حدوث ارتطامات على سرعات عالية. وعلى النقيض من ذلك.. لدى الزنابير أجنحة ذات مفاصل مرنة، تسمح للأجنحة بأن يتغير شكلها عند الاصطدام. قام ستيفانو مينتشيف وزملاؤه - بالمعهد الفيدرالي السويسري للتكنولوجيا في لوزان - باختراع طائرة بلا طيار، مزودة بنظام تحكُّم عن بُعد (**في الصورة**)، بأذرع مرنة مصنوعة من ألياف زجاجية. في أثناء التحليق، تُضم الأذرع إلى الجسم المركزي بواسطة مفصلات مغناطيسية، لتبقيها قوية. وعند تعرّضها للارتطام؛ ترتخي المفصلات، وتسمح للأذرع بالانثناء، وامتصاص الصدمة، ثم العودة مرة أخرى إلى وضعها الطبيعي. عبر 50 عملية ارتطام، تحمل النموذج الأولي للطائرة - الذي يزن 50 جرامًا – الضرر مرتين فقط.

يقول الباحثون إن المزج بين المواد الصلبة واللينة في جهاز واحد يمكن أن يساعد على تحسين مرونة الروبوتات المتحركة.

***IEEE Robot. Automat. Lett.* http://doi.org/b2hm (2017)**



LIS.EPFL.CH

TONY WU/NPL

تطور

## لماذا تضخمت الحيتان البالينية

دَعَّمت تغيرات الرياح والموارد الغذائية تطوُّرَ الحيتان الضخمة قبل ثلاثة ملايين سنة.

تُعرف الحيتان الحدباء (*Megaptera novaeangliae*، في الصورة) وغيرها من الحيتان البالينية بكبر حجمها، لكن أسلافها لم تكن بتلك الضخامة. فقد قام جراهام سلاتر - من جامعة شيكاغو في إلينوي - وزملاؤه بنمذجة تطوُّر الحيتان، باستخدام بيانات حول طول الجسم لكل من الحيوانات الحية والمنقرضة، وخلصوا إلى أن الحيتان البالينية التي يزيد طولها على 10 أمتار تنوعت قبل حوالي ثلاثة ملايين سنة، تقريبًا في الوقت الذي بدأت فيه الرياح المتغيرة تسحب المياه الأكثر برودة - المليئة بالفرائس - من أعماق المحيط.

ربما كانت الحيتان الأكبر أكثر كفاءة في الانتقال بين بقع كثيفة الفرائس، لكن معزولة، والتهامها سريعًا، مقارنة بنظرائها الأصغر حجمًا، حسبما أشار الباحثون.

***Proc. R. Soc. B* 284, 20170546 (2017)**

دراسات بيئية

## السيارات الكهربائية قد تضر البيئة

في أنحاء الولايات المتحدة، تُعَدّ السيارات الكهربائية أكثر ضررًا على البيئة من المركبات التي تعمل بالبنزين؛ وذلك بسبب التلوث الناتج عن عملية توليد الكهرباء.

قام ستيفن هولاند - من جامعة نورث كارولينا في جرينزبورو - وزملاؤه بنمذجة مدى تلوث الهواء من المركبات الآلية، حسب المنطقة. تُعتبر كل المركبات الكهربائية تقريبًا أقل ضررًا على المناخ العالمي من تلك التي تعمل بالبنزين، إلا أن الفريق قد وجد تفاوتًا واضحًا في الاستفادة منها في أنحاء البلاد. ففي غرب الولايات المتحدة مثلًا، حيث يأتي قدر كبير من الكهرباء من مصادر الطاقة النظيفة، تُحْدِث المركبات الكهربائية تلوثًا للهواء أقل من تلك التي تعمل بالبنزين، لكن في الغرب الأوسط ينعكس الوضع، إذ تأتي الكهرباء في الغالب من محطات توليد الطاقة التي تعتمد على اشتعال الفحم.

تقدِّم الحكومة الأمريكية دعمًا يصل إلى 7,500 دولار أمريكي لمن يشترون سيارات كهربائية، بيد أن الباحثين يقولون إنه ينبغي أن يؤخذ في الاعتبار التباين الإقليمي في التأثير البيئي.

***Am. Econ. Rev.* 106, 3700–3729 (2016)**

علم الفلك

## طريقة مُتروّية لزيارة النجوم

تعتمد خطط استكشاف النظام النجمي الأقرب على المراكب الشراعية الضوئية، وهي ألواح عاكسة تُدفع بالضوء. تسافر هذه المراكب بسرعة فائقة، إذ لا يتسنى لها سوى وقت يسير لاستكشاف وجهتها، لكنْ مِن شأن تغيير الطريقة التي تُستخدم بها أن يساعد في ذلك.

يدور كوكب بحجم الأرض حول "بروكسيما سنتوري"، الجار الأقرب للشمس، الذي يبعد 1.3 فرسخ فلكي (أي 4.2 سنة ضوئية) من الأرض. ويأمل علماء الفلك أن يرسلوا أسطولًا



تُطبع المجلة بدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية

من المسابير المصغرة؛ لاستكشافه هو والنجوم المزدوجة المجاورة لـ"ألفا سنتوري". وفي ظل المقترحات الحالية، سوف تستغرق هذه المراكب الشراعية الضوئية - التي تعمل بدفع الليزر - 20 سنة للوصول إلى النجوم، وتجاوزها بسرعة في خلال بضع ساعات فقط (انظر: *Nature* 542, 20–22; 2017)، إلا أن رينيه هيلر - من معهد ماكس بلانك لأبحاث النظام الشمسي في جوتينجن في ألمانيا - ومايكل هيبكي - من نيوكيرشن فلوين في ألمانيا - يقولان إنه يمكن استخدام ضوء النجوم؛ لإبطاء مسبار يحمل مركبًا شراعيًّا؛ ما يتيح جمع مزيد من البيانات عن الكوكب.

في المقترح الذي قدمه الباحثون، ستحول تلك المراكب الشراعية الضوئية من اتجاهها عند مرورها بـ"ألفا سنتوري"؛ حتى يتمكن الضوء النجمي وقوة جاذبية النجوم من إبطائها. بعد ذلك.. سيتحرك المسبار في مدار حول "بروكسيما سنتوري"؛ ما يتيح الاقتراب عدة مرات من كوكب "بروكسيما". وباستخدام هذا النظام، سوف يستغرق المسبار ما يقرب من قرن من الزمن؛ للوصول من الأرض إلى "ألفا سنتوري"، ونصف قرن آخر للوصول إلى "بروكسيما".

***Astrophys. J.* 835, L32 (2017)**

حوسبة

## حاسوب أسرع.. مستوحًى من المخ

هناك حاسوب يحاكي الطريقة التي يعمل بها المخ، ويحتوي على أجزاء بصرية وإلكترونية، يتمكن من التعرف على الكلام البسيط ثلاث مرات أسرع من الأجهزة السابقة التي كانت تَستخدِم مكونات بصرية فقط.

تَستخدِم أجهزة الحاسوب المخزِّنة شبكات عصبية مصنوعة من وحدات مترابطة، تنقل الإشارات على مراحل، في حلقات مغلقة متكررة، ما يسمح لها بتخزين معلومات من الماضي، و"التعلم" منها. وعادةً ما تكون هذه الأجهزة قائمة على الضوء، إلا أن لوران لارجر وزملاءه بجامعة بورجوندي فرانش-كومتي في بيزانسون في فرنسا قاموا بتصميم هيكل أبسط، يتضمن إلكترونيات جاهزة للاستخدام، ترمِّز المعلومات بطريقة مختلفة باستخدام الإشارات الضوئية؛ ما يتيح تسريع الأداء. وفي اختبارات التعرف على الكلام، قام الجهاز الخاص بالفريق بمعالجة مليون كلمة في الثانية، بمعدلات خطأ أقل من 9%.

يقول الباحثون إن الجهاز يمكن تصغير حجمه، ووضعه على شريحة.

***Phys. Rev. X* 7, 011015 (2017)**

الزراعة

## المَزارع قد تكون مربحة بدون المبيدات

قد يكون من الممكن وقْف استخدام مبيدات الآفات في بعض المزارع، دون خفض الإنتاج، أو تقليل الأرباح.

قام مارتِن ليشيني، ونيكولاس مونيير جولين - من المعهد القومي الفرنسي للبحوث الزراعية في ديجون - وزملاؤهما بتقييم ما إذا كانت مبيدات الحشائش، ومبيدات الفطريات، ومبيدات الحشرات جميعها مرتبطة بالإنتاجية، أم الربح، وذلك في 946 مزرعة صالحة للزراعة عبر فرنسا. وقد وجدوا أنه في 77% من المَزارع لا تزيد المبيدات كمية المحصول، ولا الدخل المادي، لكنهم لاحظوا أن النتائج اختلفت باختلاف نوع المحصول. وعلى سبيل المثال، لم تتأثر محاصيل الحبوب بشكل عكسي بالاستخدام المنخفض للمبيدات، إلّا أنّ أرباح محاصيل البطاطس وبنجر السكر كانت تعتمد بشكل كبير على المواد الكيميائية.

يقول الباحثون إنه يمكن للمَزارع كلها أن تغيِّر ممارساتها، وأن تعتمد على الابتكارات التكنولوجية الأخرى؛ لتقليل استخدام المبيدات، مع حماية المحاصيل من الأمراض.

***Nature Plants* 3, 17008 (2017)**

علم الكهرباء الضوئية

## الهولوجرام النانوي هو الأنحف

إنّ إنشاء صورة مجسمة هولوجرام باستخدام مادة سُمْكها 25 نانومترًا، يمكن أن يمهد الطريق لعرض صور ثلاثية الأبعاد على أجهزة صغيرة، مثل الهواتف الذكية.

تولِّد بعض المواد صورًا تظهر بشكل ثلاثي الأبعاد، عن طريق تحييد الضوء، وخلق أنماط تداخل، إلا أن سُمْكها يبلغ عادة مئات النانومترات، ما يجعلها ضخمة جدًّا بشكل يجعل استخدامها غير ممكن في الأجهزة الإلكترونية الحديثة. وجد مين جو - من جامعة RMIT في ملبورن، أستراليا - وزملاؤه أن هناك مادة كمية معينة، يمكنها أن تعمل بمثابة تجويف رنان، ما يعزز حيود الضوء الذي يمر من خلالها. استخدم الفريق المادة – ويبلغ سُمْكها عشرات النانومترات فقط - لإنتاج صورة مجسمة هولوجرام للديناصور الخيالي *Indominus rex* (**في الصورة**)، من فيلم "جوراسيك وورلد"، المنتَج في عام 2015.





يقول الباحثون إنه يمكن دمج المواد المجسّمة النحيفة يومًا ما في الأجهزة الإلكترونية، وإنها تحمل إمكانية زيادة قدرات أجهزة تخزين البيانات.

***Nature Commun.* 8, 15354 (2017)**

علم الكواكب

## غاز البراكين يجعل العوالم صالحة للسكن

يمكن للغازات المنبعثة من البراكين الثائرة أن تجعل الكواكب فيما بعد المجموعة الشمسية أكثر دفئًا، وصالحة لوجود حياة عليها، حتى وإنْ كان الكوكب بعيدًا نسبيًّا عن النجم المضيف له.

قام رامسيس راميريز، وليزا كالتينجر - من جامعة كورنيل في إيثاكا في نيويورك - باستخدام نموذج مناخي، لدراسة ما إذا كان الهيدروجين الذي تقذفه البراكين الموجودة على أسطح الكواكب خارج المجموعة الشمسية يتراكم في أغلفتها الجوية ويحتجز الحرارة، أم لا. ويمكن لمثل هذا الاحتباس الحراري أن يمنع تجمُّد الماء، ما قد يخلق ظروفًا مناسبة لوجود حياة.

تَوصَّل الباحثان إلى أنه إذا كانت نسبة الهيدروجين بالغلاف الجوي للكوكب الخارجي 50%، فإن الكوكب ربما يظل صالحًا للسكن على مسافة من نجمه، أكبر بـ1.3 إلى 1.6 مرة، عنه إذا كان غير مُدفأ بالغازات البركانية.

***Astrophys. J.* 837, L4(2017)**

الاتصال الكَمِّي

## وَصْلة كمية بين الأرض والجو

أرسل باحثون فوتونات إلى طائرة مسرعة، في عرض لنوع من التكنولوجيا التي يمكن استخدامها في قمر صناعي؛ للاتصال الكَمِّي في المستقبل.

يُعَدّ التشفير الكَمِّي آمنًا، إذ تضْمَن قوانين فيزياء الكَمّ اكتشاف أي تنصت، غير أن الفوتونات التي تُستخدم لترميز مفتاح كمي مشترك لا يمكن أن تنتقل إلا إلى مسافات قصيرة نسبيًّا فقط، من خلال ألياف، أو من خلال الهواء، قبل أن تُمتص، ما يجعل إرسالها عبر الفضاء جذابًا أكثر في مجال الاتصالات بعيدة المدى.

أرسل توماس جينوين - من جامعة واترلو في كندا - ومعاونوه فوتونات إلى جهاز استقبال مثبت على طائرة تمر في السماء بالمعدل الظاهري نفسه لقمر صناعي، وعلى مسافات تصل إلى 10 كيلومترات. نجح الفريق في نقل فوتونات في 7 محاولات من أصل 14 محاولة؛ مما أدى إلى توليد مفاتيح كَمِّية، يزيد طولها على 800 ألف بت.

يقول الباحثون إن مشروع "الاتصال الصاعد" هذا، الذي تُوَلَّد فيه الفوتونات في محطات أرضية، يمكن أن يكون أبسط من نظام يستخدمه المنافسون، ويتطلب وضع أجهزة معقدة في المدار.

***Quantum Sci. Technol.* 2, 024009 (2017)**

التكنولوجيا النانوية

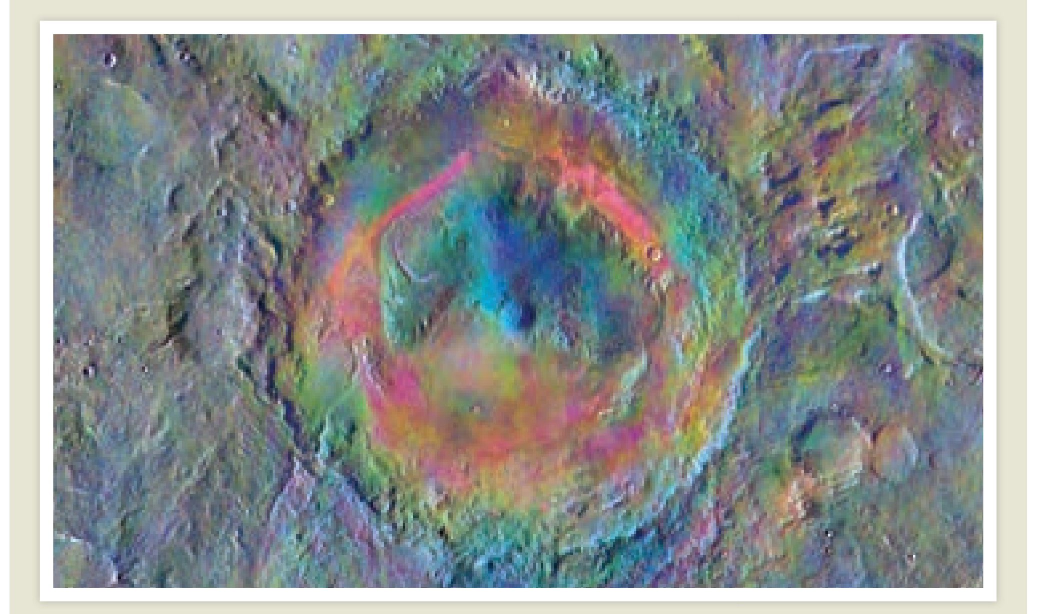
## مسبار نانوي "يستشعر" البكتريا

يُوجد ليف ضوئي رقيق، يتمكن من الكشف عن القوى الضئيلة الناتجة عن البكتيريا السابحة، بحساسية أعلى 10 مرات - على الأقل - من تلك التي تحققها مَجَاهر القوة الذرية.

عادةً ما تكون المسابر المستخدَمة في مجهر القوة الذرية ضخمةَ الحجم، كما تنخفض دقة البعض الآخر من أجهزة الكشف عن القوة. لهذا.. قام دونالد سيربولي وزملاؤه - من جامعة كاليفورنيا في سان دييجو - بصنع جهاز مدمج من ليف ثاني أكسيد القصدير، يتراوح قطره بين 200 و400 نانومتر، وقاموا بتغطيته بنوع من البوليمر، وتنقيطه بجسيمات الذهب النانوية. لُوحِظ أن الجسيمات تتفاعل مع الضوء الذي يمر عبر الليف، وعندما تدفع القوى - مثل تلك الناتجة عن البكتيريا السابحة القريبة، أو خلايا القلب النابضة - جزيئات الذهب إلى داخل البوليمر؛ يزيد التفاعل؛ ما يعزز شدة الضوء المشتَّت من قِبَل الجسيمات النانوية.

وعندما استخدم الباحثون المجهر لرصد هذه التغيرات، اكتشفوا قوى ضئيلة بمقدار 160 فيمتو نيوتن (الفيمتو نيوتن الواحد يساوي 15-10 نيوتن). وينوي الفريق استخدام الجهاز لقياس سلوك الخلايا الفردية.

***Nature Photon*. http://doi.org/b69t (2017)**



NASA/JPL-CALTECH/ARIZONA STATE UNIV.

علم الكواكب

# فوهة المريخ كانت صالحة للسكن

كانت الفوهة المسماة "جيل كريتر" Gale Crater على كوكب المريخ، دافئة ورطبة في وقت مبكر من تاريخها، منذ أكثر من 3 مليارات سنة.

شرعت مركبة "كيوريوسيتي" Curiosity - التابعة لوكالة "ناسا" - في استكشاف "جيل كريتر" على كوكب المريخ منذ عام 2012، وجمعت بيانات تُظْهِر العديد من التغيرات الكيميائية في الصخور الرسوبية في الفوهة. وقام فريق برئاسة جويل هورويتز - من جامعة ستوني بروك في نيويورك - بتحليل البيانات؛ وخلصوا إلى أن الصخور الأقدم يبدو أنها قد تشكلت في أجواء باردة نسبيًّا. وعلى النقيض من ذلك، تشير الرواسب الأحدث قليلًا إلى أن الظروف البيئية كانت أكثر دفئًا ورطوبة. وربما كانت الحفرة ملائِمة للحياة منذ فترة تتراوح بين 3.8 مليار، و3.1 مليار سنة، بعد فترة ليست طويلة من تشكيلها.

وفي دراسة منفصلة، قام فريق بقيادة جينس فريدنفانج - من جامعة كوبنهاجن – بالاطلاع على بيانات من مكان آخر في الفوهة، ووجدوا كميات كبيرة من السيليكا التي تَظْهَر على شكل هالات ذات ألوان فاتحة على الصخور الحمراء. وكما هو الحال في الينابيع الساخنة على الأرض، ترسبت السيليكا - في الغالب - بفعل المياه الدافئة النافذة من خلال الأرض. ويقول الباحثون إنه ليس واضحًا متى حدث تحرُّك المياه هذا، لكنْ من المرجح أن يكون سبب ذلك هو تدفُّق المياه في الفوهة.

***Science* 356, eaah6849 (2017); *Geophys. Res. Lett*. http://doi.org/b7x6 (2017)**

علم البيئة

## تأثير سمكة الببغاء على نمو المرجان

ربما أسهم الصيد في تباطؤ نمو المرجان الكاريبي، منذ فترة قد تعود إلى ألف سنة، حيث شهدت مواقع عديدة في منطقة الكاريبي انخفاضًا في المرجان، ونموًّا مفرطًا في الطحالب في العقود الماضية، لكن سَمَك الشعاب - مثل سمك الببغاء (**في الصورة**) - قد يساعد بشكلٍ ما عن طريق تناوُله الطحالب.

قامت كاتي كريمر - من معهد سكريبس لعلوم المحيطات في لاهويا في كاليفورنيا – وزملاؤها بتحليل بقايا أسنان السمك، والعمود الفقري لقنفذ البحر، وقطع المرجان في لُبّ الشعاب المرجانية، في ثلاثة مواقع قبالة ساحل بنما؛ فوجدوا أنه على مدى الثلاثة آلاف سنة الماضية، عُزِيَ نمو الشعاب إلى وفرة سمك الببغاء. وقد لوحظ كذلك انخفاض في أعداد السمك، وتباطؤ في نمو المرجان في المواقع الثلاثة، الذي بدأ منذ نحو 500 إلى 1000 سنة تقريبًا.

يقول الباحثون إن شعاب الكاريبي لم تتعافَ من تقلبات النظام البيئي هذه؛ وإذا أردنا أن نحسِّن الشعاب؛ فسوف تكون هناك حاجة إلى الحدّ بشكل فوري من صيد سمك الببغاء.

***Nature Commun*. 7, 14160 (2017)**



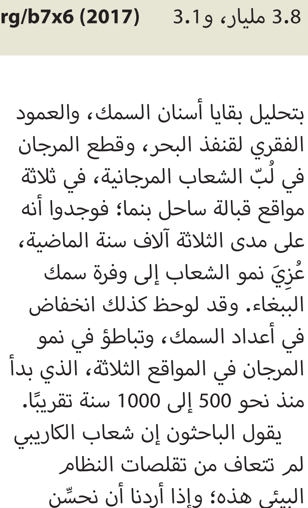
PETE OXFORD/NPL

التنكس العصبي

## تعديل مناعي يبطل مرض ألزهايمر

يمكن أن تؤدي استجابات مناعية معينة للويحات البروتين اللزجة في الدماغ، مرتبطة بمرض ألزهايمر، دورًا في التدهور الإدراكي.

تراكم لويحات الأميلويد في أدمغة مَن يعانون من مرض ألزهايمر، لكن كيفية إسهامها في التدهور الإدراكي غير معروفة. ركَّزت سينثيا ليمير - من "مستشفى بريجهام والنساء" في بوسطن بولاية ماساتشوستس - وزملاؤها على جزيء من الجهاز المناعي، يُسمى "C3 المكمِّل"، وهو يساعد نوعًا من خلايا المناعة - تُدعى الدُّبيقيات - على





تُطبع المجلة بدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية

إزالة اللويحات. ووجد الفريق أن تعطيل الجين المرمِّز لجزيء C3 في نماذج فأرية لمرض ألزهايمر قد حسَّن أداء الحيوانات في اختبارات التعلم والذاكرة ، رغم امتلاكها لويحات أكثر في أدمغتهم. وكانت الدُّبيقات أقل أيضًا في اللويحات لدى الفئران، مقارنة بالحيوانات ذات جزيء C3، وكان تنشيط تلك الدُّبيقات أقل. كما فقدت الحيوانات عددًا أقل من الخلايا العصبية في الدماغ.

يقول الباحثون إن تثبيط تأشير C3 يمكن أن يساعد في علاج مرض ألزهايمر.

***Sci. Transl. Med.* 9, eaaf6295 (2017)**

***Nature Commun.* 8, 15584 (2017)**

وللاطلاع على خبر ذي صلة، انظر: go.nature.com/2szocuz

**علم الأعصاب**

## اكتساب مهارات الذاكرة الخارقة

بالتدريب الجيد، يستطيع الأشخاص أن يحسِّنوا من قوة ذاكرتهم ، لتضاهي تقريبًا مستوى ذاكرة أبطال ألعاب الذاكرة الأفضل على مستوى العالم؛ ويمكن رؤية تأثير ذلك في صور المسوح الدماغية.

يتنافس أبطال ألعاب الذاكرة حول العالم على حفظ مئات الكلمات، أو غيرها من المعلومات، في دقائق. فقد قام مارتن درسلر - من المركز الطبي لجامعة رادبود في نايميجن في هولندا - وزملاؤه باستخدام التصوير الوظيفي بالرنين المغناطيسي (fMRI)؛ لمسح أدمغة 23 من أفضل 50 من أبطال ألعاب الذاكرة، وقارنوا المسوح بتلك الخاصة بأشخاص "غير مدربين". استخدم أعضاء الفريق بعد ذلك تقنية معروفة بين أبطال ألعاب الذاكرة، لتدريب المجموعة المرجعية "غير المدربة" يوميًّا، وذلك لأكثر من 40 يومًا؛ فوجدوا أن الأشخاص في المجموعة غير المدربة زاد عدد الكلمات التي يستطيعون استحضارها إلى الضِّعف تقريبًا، إذ تذكروا ما يصل إلى 60 كلمة من قائمة مكونة من 72 كلمة، أي اقتربوا من مستوى أداء بعض اللاعبين.

في صور المسح بالرنين الوظيفي المغناطيسي، بدت التغيرات في أنماط الاتصال في الدماغ في المجموعة غير المدربة قبل التدريب وبعده مماثلة للفروق بين المتطوعين غير المدرَّبين، وأبطال ألعاب الذاكرة. ازدادت قوة الوصلات بين المناطق المهمة في قشرة الدماغ، التي تسهم في التعلم، ومعالجة الذكريات، والربط بين المعلومات الجديدة والقديمة.

***Neuron* 93, 1227-1235 (2017)**

**علم الأحياء الإنمائي**

## ضعف العظام الدهنية مع التقدم في العمر

إنّ تراكم الخلايا الدهنية في نخاع العظام قد يفسر لماذا تزداد العظام وهنًا، ولماذا تُشفَى ببطء أكثر مع التقدم في السن.

قام تيم شولتز - من "المعهد الألماني للتغذية البشرية" في بوتسدام ريبروك - وزملاؤه بالتعرف على تجمُّع من الخلايا الشبيهة بالخلايا الجذعية في عظام الفئران، تنتج خلايا العظام، والخلايا الدهنية. أنتجت أسلاف هذه الخلايا خلايا أخرى دهنية أكثر مما أنتجت من خلايا عظمية في الحيوانات الأكبر سنًّا، وفي تلك التي اتبعت نظامًا غذائيًّا عالي الدهون، مقارنة بالفئران الأصغر سنًّا، وتلك التي تتبع نظامًا غذائيًّا طبيعيًّا، على التوالي. ففي الفئران المصابة بكسر في عظم الساق، أبطأت سلائف الخلايا الدهنية المحقونة بالقرب من موقع الإصابة عملية الشفاء.

وجد الباحثون أن خلايا سلالة الخلايا الدهنية أنتجت بروتينًا، يُسمى ببتيديز4- ثنائي الببتيد، أدَّى إلى ضعف عملية تجديد العظام. كما حالت هذه الخلايا أيضًا دون توليد الخلايا الجذعية في نخاع العظام، التي تنتج خلايا الدم، والخلايا المناعية.

**(*Cell Stem Cell* http://doi.org/b4dv (2017)**

**بصريات**

## صناعة جيروسكوب ضوئي مصغر

أصغر جيروسكوب ضوئي مصنوع حتى الآن يمكن تركيبه على شريحة حاسوب (**في الصورة**).

تُستخدم أجهزة الجيروسكوب الضوئية على نطاق واسع في ملاحة المَركَبات. وتَستخدِم هذه الأجهزة أشعة ليزر داخل حلقة من الألياف الضوئية، وتنتج حزَمُ الأشعة تداخلًا عندما يتغير اتجاه الجهاز. تُعَدّ الأجهزة الضوئية أكثر دقة من نظيراتها الميكانيكية، لكن من الصعب تصغير حجمها، إلا أن أندريي ماتسكو وزملاءه في شركة "أوه. إي. ويفز" OEwaves في باسادينا في كاليفورنيا قاموا بصناعة جهاز، يبلغ حجمه 15 سنتيمترًا مكعبًا فقط. وبدلًا من إحداث تداخل في حلقة كبيرة من الألياف الضوئية، ينعكس الضوء بشكل متكرر داخل تجويف بلوري صغير. كما ينحرف الجهاز بمقدار ثلاث درجات فقط في الساعة الواحدة، وذلك أفضل بكثير من الجهود السابقة.

ويمكن استخدام الإصدارات المستقبلية من هذا الجهاز في أجهزة متحركة صغيرة، مثل الروبوتات، أو الطائرات من دون طيار.

***Optica* 4, 114–117 (2017)**



W. LIANG ET AL./OPTICA

**صحة عامة**

## الصرف الصحي ينذر بانتشار شلل الأطفال

يمكن استخدام مستويات فيروس شلل الأطفال في عيِّنات من مياه الصرف الصحي؛ لتقدير عدد الأشخاص الذين ينشرون المرض "في صمت". ويستطيع مسؤولو الصحة العامة استخدام هذه الطريقة لرصد حالات انتشار شلل الأطفال، ووَقْفها في مرحلة مبكرة.

كان مرض شلل الأطفال قد تم القضاء عليه بصورة واسعة حول العالم ، إلا أنه عاود الظهور مجددًا. فقد دفع تفشِّي المرض في إسرائيل في عام 2013 السلطات إلى إطلاق حملة، لإعطاء الناس اللقاح الحي الذي يؤخذ عن طريق الفم. تخرج جزيئات فيروس شلل الأطفال في البراز، ويمكنها أن تنتشر، حتى عندما لا تظهر أعراض على المصابين، ما يؤدي إلى عدوى "صامتة".

وقد قام ياكير بيرشينكو - من جامعة بن جوريون في النقب في بئر السبع بإسرائيل - وزملاؤه بتحليل البيانات التي جُمعت في أثناء اندلاع الوباء في عام 2013، على مستويات جزيئات الفيروس المستمدة من اللقاح الحي، التي عثر عليها في مياه الصرف الصحي من سبع بلدات إسرائيلية. كما درَس الباحثون عدد الأشخاص الذين تلقوا اللقاح في تلك المناطق، وابتكر الفريق أداة إحصائية تنبأت بعدد الأشخاص الذين يخرج الفيروس من أجسامهم، بناءً على مستوياته في عيِّنات الصرف الصحي.

يمكن استخدام هذا النهج لتحديد ما إذا كان أحد برامج التطعيم قد قضى تمامًا على إحدى حالات المرض، أم لا.

**(*Sci. Transl. Med.* 9, eaaf6786 (2017**

**تطور**

## كيف يتأقلم البشر مع الزرنيخ

لدى الأشخاص الذين يعيشون في صحراء أتاكاما في تشيلي نُسخ مختلفة من جين يتيح لهم التأقلم مع المستويات الطبيعية المرتفعة للزرنيخ في المنطقة.

يتسرب الزرنيخ من الصخور إلى مصادر المياه الشحيحة الموجودة في الصحراء، ما يعرِّض سكان وادي كامارونيس إلى مستويات تفوق بـ100 ضعف المستوى الآمِن الذي حددته "منظمة الصحة العالمية"، وهو 10 ميكروجرامات لكل لتر. قام ماوريسيو موراجا - من جامعة تشيلي في سانتياجو - وزملاؤه بمقارنة الحمض النووي الخاص بـ50 شخصًا من تلك المنطقة، مع ذلك الخاص بـ92 شخصًا من مناطق أخرى من البلاد، ذات مستويات أقل من الزرنيخ؛ فوجدوا طفرات زادت من فعالية إنزيم ناقل ميثيل الزرنيخ في معالجة العنصر، واكتشفوا أن هذه الطفرة شائعة أكثر لدى الأشخاص الذين يعيشون في وادي كامارونيس.

هناك ما يقرب من 70% ممن يعيشون في وادي كامارونيس يحملون المغاير الجيني الأكثر حماية، بشكل أعلى نسبيًّا من سكان المناطق الأخرى. فقد تطوّر هؤلاء على مدى 7000 سنة فقط في ظل الانتقاء الطبيعي لتَحَمُّل الزرنيخ، كما يقول الباحثون.

***Am. J. Phys. Anthropol.* http://doi.org/bz4s (2017)**

# ثلاثون يومًا موجز الأنباء

فضاء

## مهمات أوروبية

وافقت وكالة الفضاء الأوروبية (ESA) - في العشرين من يونيو الماضي - على إنشاء مرصد طَموح؛ لرصد موجات الجاذبية. سيتألف المرصد الفضائي لمقياس التداخل الليزري "ليزا" (LISA) من ثلاثة مسابر متصلة ببعضها بعضًا عن طريق حِزَم من الليزر. وسيبحث المرصد في نسيج الزمان والمكان عن تموجات ذات أطوال موجية أطول من تلك التي يمكن رصدها من الأرض. ويجب أن يخضع المرصد لدراسة مفصلة حول تصميمه وجدواه، قبل حصوله على الموافقة النهائية، ويُتوَقَّع أن يُطلَق بحلول عام 2034. يُذكر أن الوكالة أصدرت الموافقة النهائية للمهمة "بلاتو" PLATO (اختصارًا لاسمها "العبور الكوكبي واهتزازات النجوم")، التي سوف تسعى للبحث عن كواكب خارج المجموعة الشمسية، ومن المقرر إطلاقها في عام 2026.

## "رافيولي" فضائي

هل هو حبة "جَوز" فضائية؟ أم هو "رافيولي" فضائي؟ الحقيقة أنه لا هذا، ولا ذاك، فهذان الاسمان ليسا من ضمن أسماء كوكبية رسمية، ولكن يبدو أن قمر زحل "بان" يشبههما كليهما. ففي السابع من مارس الماضي، التقطت مركبة الفضاء "كاسيني" - التابعة لـ"ناسا" - سلسلة من الصور للقمر غريب الشكل، وهي أقرب صور التقطها القمر الصناعي له على الإطلاق، من مسافة 24,752 كيلومترًا منه. ومن المرجح أن طبقة المواد المحيطة بالقمر "بان" - الذي يُعَدّ أحد أقرب أقمار زحل إليه (**في الصورة**) - تكونت من الغبار الموجود حوله. يبلغ متوسط قطر القمر 28 كيلومترًا تقريبًا، وهو قمر "راعٍ"، يُخلي مساحة في حلقات زحل - تُعرف بفجوة "إنكي". تمر "كاسيني" سريعًا عبر نظام كوكب زحل في الأشهر الأخيرة من المهمة التي بدأت في عام 1997، وستنتهي في شهر سبتمبر المقبل.







DARI DROZHZHINA

## مراجعة الأقران منقوشة على الحجر

كشفت جامعة روسية عن أول نصب تذكاري في العالم لمراجعة الأقران في السادس والعشرين من مايو الماضي. يوجد النُّصب - البالغ وزنه 1.5 طن (في الصورة) - في "المدرسة العليا للاقتصاد" HSE في موسكو، وهو بمثابة كتلة إسمنتية، صماء، على شكل مكعب نرد، مكتوب على جوانبه الخمسة - التي يمكن رؤيتها - النتائج المحتملة للمراجعة؛ وهي إما "مقبول"، أو "تعديلات محدودة"، أو "تعديلات جوهرية"، أو "راجِع، وأعِد تقديمه"، أو "مرفوض". يُذكَر أن مدير معهد التعليم التابع لمدرسة HSE طلب من كليته في العام الماضي طرح أفكار حول تحويل الكتلة الإسمنتية إلى شيء له معنى. ولاقَى اقتراح عالِم الاجتماع، إيجور تشيريكوف، بتحويل الكتلة إلى "معلم مخصص لتكريم المراجعين الأقران المجهولين"، قبولًا. وتم جمع 2,500 دولار أمريكي عبر حملة تبرعات على الإنترنت. كما نُحِتَ على النُّصب عناوين 21 ورقة بحثية، أغلبها يعود لباحثين أسهموا بقدر كبير في الحملة.

## تيليسكوب صيني فلكي

أطلقت الصين أول قمر صناعي لها خاص بالدراسات الفلكية في الخامس عشر من يونيو الماضي، وهو بمثابة تليسكوب يعمل بالأشعة السينية، سيقوم بالبحث عن الثقوب السوداء، والنجوم النابضة، والنجوم النيوترونية، وانفجارات أشعة جاما، وغيرها من الظواهر عالية الطاقة. كان التليسكوب المحوِّر للأشعة السينية ذات القدرة العالية على النفاذ (HXMT)، المعروف باسم "إنسايت" Insight، البالغ وزنه 2.5 طن، قد تم إطلاقه محمولًا على متن الصاروخ الصيني "لونج مارش 4 بي"، من موقع في صحراء جوبي. يرغب علماء صينيون في استخدام القمر الصناعي؛ لمعرفة كيفية دمْج الملاحظات حول النجوم النابضة في نظم ملاحة المركبات الفضائية. وسيدرس "إنسايت" كذلك انفجارات أشعة جاما؛ للبحث عن إشارات خاصة بموجات الجاذبية (gravitational waves). وسيحلِّق القمر الصناعي في مدار على ارتفاع 550 كيلومترًا فوق سطح الأرض، ولذلك ستلتقط تليسكوباته الثلاثة الأشعة السينية التي لا تستطيع التليسكوبات الأرضية كشْفها، بسبب امتصاص الغلاف الجوي لها.

أبحاث

## "ألفا جو" يعتزل

أعلن أول نظام للذكاء الاصطناعي يجيد لعبة "جو" الاستراتيجية عن اعتزاله المنافَسات في السابع والعشرين من مايو الماضي، عقب فوزه على أفضل لاعب بَشَري في العالم؛ كي جي، في بطولة من ثلاث جولات، أقيمت في مدينة ووزين بالصين. تغلب "ألفا جو" على البطل الصيني في جولتين خلال مؤتمر "مستقبل لعبة جو"، حيث تفوق في إحداهما على اللاعب البشري بنصف نقطة، أي

NASA/JPL-CALTECH/SPACE SCIENCE INSTITUTE



تُطبع المجلة بدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية

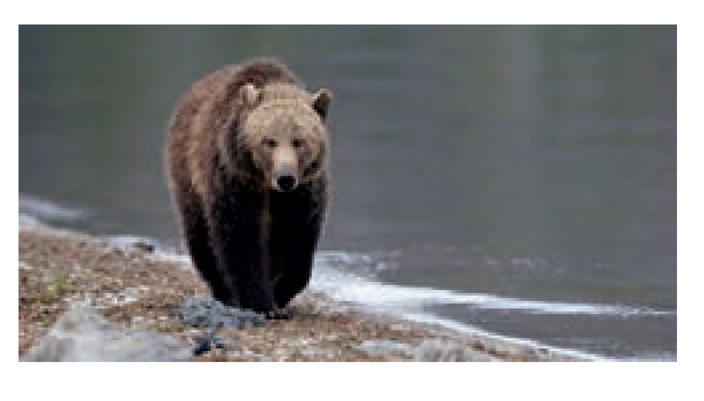
بأقل هامش ممكن للفوز. وستعمل الآن شركة "ديب مايند" في لندن - التي ابتكرت هذا النظام - على تطوير أداة تعليمية باستخدام طريقة" ألفا جو" في تحليل حركات لعبة "جو". قالت الشركة - المملوكة لـ"جوجل" - إن الباحثين العاملين في البرنامج سيركزون أيضًا على تطوير خوارزميات عامة متقدمة، يمكن استخدامها – على سبيل المثال - في اكتشاف علاجات للأمراض.

## نهاية ابيضاض المرجان

أعلنت الإدارة الأمريكية الوطنية للمحيطات والغلاف الجوي (NOAA) - في التاسع عشر من يونيو الماضي - عن بداية انحسار حدث الابيضاض العالمي للشعاب المرجانية، الذي بدأ في عام 2015. يُذكر أن الشعاب المرجانية تبيَضّ عندما ترتفع درجات حرارة مياه المحيطات، متجاوزةً حدًّا حرجًا؛ مما يدفعها إلى طرد الطحالب التي تعيش بداخلها. وتشير بيانات الأقمار الصناعية الخاصة بدرجات حرارة المحيطات إلى أن الشعاب المرجانية في المحيطات الأطلسي، والهادئ، والهندي، تمر حاليًّا بفترة من الراحة من درجات الحرارة التي ظلت مرتفعة ارتفاعًا غير طبيعي منذ عام 2015. وتُعَدّ هذه هي المرة الثالثة التي يسجَّل فيها حدوث ابيضاض عالمي. ومع ذلك، ففي تقرير أصدرته منظمة الأمم المتحدة للتربية والعلم والثقافة (اليونسكو) - في الثالث والعشرين من يونيو – حذَّرت المنظمة من أن جميع حواجز الشعاب المرجانية التي تضعها على قائمة مواقع التراث العالمية سوف تُدَمَّر بحلول عام 2100، ما لم يتم خفض انبعاثات ثاني أكسيد الكربون بشكل جذري. والتحليل هو أول تقييم تصدره الوكالة حول كيفية تأثير التغير المناخي على حواجزها المرجانية التسعة والعشرين "المتميزة عالميًّا"، ومنها الحاجز المرجاني العظيم في أستراليا.

## لائحة "كيبلر"

عثر علماء فلك على 10 كواكب أخرى في حجم كوكب الأرض خارج المجموعة الشمسية، وتدور في مدارات حول نجومها على بُعد يسمح بوجود حياة عليها. يُعَدّ هذا الاكتشاف جزءًا من قائمة الكواكب التي جمعتها المركبة الفضائية "كيبلر" - التابعة لوكالة "ناسا" - أثناء مهمتها الأولى. وبذلك يصل إجمالي عدد الكواكب المرشحة، التي أنتجها البحث الذي استمر لأربعة أعوام، إلى 4034 كوكبًا، تأكَّد أكثر من نصفها. ومنذ ذلك الوقت، تَحَوَّل تركيز المهمة من البحث في نقطة في "كوكبة الدجاجة" إلى أماكن أخرى في مجرّة درب التبانة. كما كشفت القائمة الأخيرة أن الكواكب الخارجية الصغيرة تنقسم - في الأغلب - إلى نوعين: كواكب صخرية أكبر قليلًا من الأرض، وكواكب أخرى مغلفة بالغازات، أصغر قليلًا من كوكب نبتون.



BARRETT HEDGES/NGC/GETTY

الحفاظ البيئي

## الدببة تفقد الحماية

قالت وزارة الداخلية الأمريكية - في الثاني والعشرين من يونيو الماضي - إن الدببة الرمادية بمتنزه "يلوستون الوطني" في وايومينج ستفقد الحماية المفروضة عليها بموجب القانون الأمريكي لحماية الأنواع المهددة بالانقراض (ESA). صُنِّفَت الدببة *Ursus arctos horribilis* **(في الصورة)** في عام 1975 باعتبارها أحد الأنواع المهدَّدة، بعد أن تضاءلت أعدادها إلى 136 دبًّا فقط؛ وهو العدد الذي زاد في الوقت الحالي ووصل إلى أكثر من 700 دب في متنزه يلوستون. تُعتبر الدببة الرمادية التي تعيش خارج المتنزه مجموعة منفصلة، ولا تزال خاضعة للحماية بموجب قانون حماية الأنواع المهددة بالانقراض. ستنشر وزارة الداخلية قرارها باستبعاد الدببة من القائمة قريبًا، وسيدخل القرار حيز التنفيذ بعد 30 يومًا من ذلك. كانت الحكومة قد حاولت سابقًا رفع الحماية عن الدببة في عام 2007، إلا أن مجموعات حماية البيئة قدمت طعنًا قانونيًّا ناجحًا ضد القرار.

سياسات

## مراجعة نازية

أطلقت "جمعية ماكس بلانك" الألمانية دراسة، مدتها ثلاث سنوات، بتكلفة قدرها 1.5 مليون يورو (ما يعادل 1.6 مليون دولار أمريكي)؛ لمعرفة أكبر قدر ممكن من المعلومات عن ضحايا فترة الحكم النازي، الذين خضعوا لبرامج القتل الرحيم؛ بهدف الحصول على أدمغتهم، وإعطائها لعلماء، لاستخدامها في أبحاث علوم الأعصاب. يُذكر أنه قد قُتِل حوالي 200 ألف معاق جسديًّا أو عقليًّا خلال هذه البرامج. وقد عينت الجمعية - في الثاني من مايو الماضي- فريقا دوليًّا مؤلفًا من أربعة أفراد؛ لمحاولة التعرف على أولئك الضحايا الذين ما زالت بقاياهم موجودة في "معاهد ماكس بلانك"، وأولئك الذين دُفنوا في مراسم خاصة في عام 1990. سيحاول الفريق كذلك تكوين صورة دقيقة حول ما حدث لهذه الأدمغة، وكيف استُخدِمَت في الأبحاث، وفي المنشورات البحثية.

## حظر زيت النخيل

أَضْحت النرويج أول دولة تحظر استخدام الحكومة للوقود الحيوي المصنوع من زيت النخيل، وذلك في الثالث عشر من يونيو الماضي. يُعَدّ الطلب العالمي على زيت النخيل أحد الدوافع الرئيسة لإزالة الغابات في إندونيسيا وماليزيا، وتشير الدراسات إلى أن الديزل الحيوي المصنوع من زيت النخيل ينتج أكثر من ثلاثة أمثال ما ينتجه الديزل التقليدي من انبعاثات ثاني أكسيد الكربون. وقد جاء قرار البرلمان النرويجي في أعقاب تصويت للبرلمان الأوروبي، لحثّ المفوضية الأوروبية على إنهاء استخدام الديزل الحيوي المصنوع من زيت النخيل بحلول عام 2020.

تمويل

## أموال الدفع الجيني

منحت وكالة المشروعات البحثية المتقدمة التابعة لوزارة الدفاع الأمريكية (DARPA)، ذراع الحكومة الأمريكية للأبحاث التي تنطوي على قدر عالٍ من المخاطرة، مبلغ 65 مليون دولار أمريكي، في صورة تمويل للعلماء الذين يدرسون تقنيات التحرير الجيني. سيدعم الجزء الأكبر من الأموال الأبحاث المُجراة على أنظمة الدفع الجيني، وهي تقنية للهندسة الوراثية يمكنها أن تنشر التعديلات الجينية بسرعة شديدة عبر مجموعات برية بأكملها. كما سيسعى الباحثون إلى تطوير أدوات لمكافحة سوء استخدام أنظمة الدفع الجيني.

## مراقبة الاتجاهات

قالت "الوكالة الدولية للطاقة" IEA - في السابع عشر من مارس الماضي - إن مستويات انبعاثات ثاني أكسيد الكربون العالمية، الناتجة عن توليد الطاقة، ظلت مستقرة للعام الثالث على التوالي في عام 2016، رغم تنامي الاقتصاد العالمي. ويعود السبب الرئيس وراء هذا الاستقرار إلى زيادة توليد الطاقة من المصادر المتجددة، وتحسين كفاءة الطاقة، بالإضافة إلى الاستخدام المتنامي للطاقة النووية، إلا أن الوكالة تشير إلى أن وقف زيادة الانبعاثات لا يكفي لإبقاء زيادة درجات الحرارة العالمية أدنى من درجتين مئويتين فوق مستويات عصر ما قبل الثورة الصناعية.

### استقرار انبعاثات ثاني أكسيد الكربون للعام الثالث

أدت زيادة توليد الطاقة من المصادر المتجددة، مع تحسين كفاءة الطاقة، إلى استقرار مستويات انبعاثات ثاني أكسيد الكربون على مستوى العالم.

انبعاثات ثاني أكسيد الكربون (جيجا طن)

المحور الرأسي: 0، 10، 20، 30، 40

المحور الأفقي: 2015، 2010، 2005، 2000، 1995، 1990، 1985، 1980

SOURCE: IEA

# أخبــار في دائرة الضوء



FERMILAB

ستبحث تجربة «ميون جي-2» عن انحرافات عن نظرية النموذج العياري، عن طريق قياس تذبذب الميونات في مجال مغناطيسي.

فيزياء الجسيمات

## لحظــة الميــون المنتظَــرة

**إنّ تجربة «فيرميلاب» لقياس العزم المغناطيسي لجسيمات ميون بدقة أكبر قد تكشِف عن جسيمات افتراضية غير معروفة.**

**إليزابيث جيبني**

في البحث عن فيزياء جديدة، تعود التجارب المعتمِدة على التصادمات عالية الطاقة داخل المصادمات الذرية الضخمة خالية الوفاض. لذلك.. يعوّل علماء الفيزياء على طرق أكثر دقة، تتضمن تصادمات ومطاردات أقل، وطرقًا أكثر فاعلية لمراقبة التذبذبات. بدأ الباحثون في الولايات المتحدة في شهر مايو الماضي واحدة من تلك التجارب، التي يقومون فيها بقياس فائق الدقة لسلوك الميونات (جسيمات ثقيلة تربطها بالإلكترونات صلة قرابة) في مجال مغناطيسي. وقد يوفر ذلك دليلًا على وجود جسيمات جديدة تمامًا.

تشكل الجسيمات التي تبحث عنها التجربة الجديدة - في مختبر فيرمي الوطني (فيرميلاب) في باتافيا، إلينوي - جزءًا من الحساء الافتراضي الذي يحيط بجميع أشكال المادة، ويتفاعل معها. تقول نظرية الكَمّ إن الجسيمات الافتراضية قصيرة الأجل تظهر وتختفي بشكل مستمر. وقام علماء الفيزياء بالفعل بتفسير تأثيرات الجسيمات الافتراضية المعروفة، مثل الفوتونات والكواركات، لكن الحساء الافتراضي قد يحتوي على مكونات غامضة، لم يتم التعرف عليها حتى الآن. وقد تكون لدى الميونات حساسية خاصة تجاه تلك الجسيمات.

تقوم تجربة «ميون جي-2» Muon g-2 الجديدة بقياس تلك الحساسية بدقة لا تضاهى. وبذلك، تعيد تحليل شذوذ الميون، الذي حير علماء الفيزياء لأكثر من عقد من الزمان. وفي حال أكدت التجربة أن الشذوذ حقيقي، سيكون التفسير ◄

◄ الأرجح راجعًا إلى جسيمات افتراضية، لا تظهر في النظرية الإرشادية الحالية في الفيزياء، وهي نظرية النموذج العياري.

يقول دومينيك ستوكينجر، المُنظِّر في الجامعة التقنية في دريسدن، ألمانيا، وعضو «ميون جي-2»: "سيكون ذلك أول دليل مباشر، ليس فقط على فيزياء ما وراء نظرية النموذج العياري، ولكن أيضًا على جسيمات جديدة تمامًا".

ينادي علماء الفيزياء بتطوير نظرية النموذج العياري؛ وهي نظرية حققت نجاح مدو، ومع ذلك، فمن المعروف أنها غير مكتملة، لأنها تفشل في تفسير ظواهر عديدة، مثل وجود المادة المظلمة. لم تكشف التجارب في مصادم الهادرونات الكبير (LHC) في «سيرن» CERN - مختبر فيزياء الجسيمات الأوروبي، الواقع بالقرب من جنيف، سويسرا - عن خلل محدد، بالرغم من الأداء الذي فاق التوقعات، وبالرغم من تنفيذ المئات من تجارب البحث عن فيزياء ما وراء نظرية النموذج العياري. ليس شذوذ الميون سوى خيط واحد من خيوط قليلة، يحاول علماء الفيزياء تتبعها.

قد تمثل قياسات العزم المغناطيسي للميون - وهو خاصية أساسية تتعلق بالمغناطيسية الكامنة للجسيم– طرف الخيط، لأنها تتغير نتيجة لتفاعل الميون مع جسيمات افتراضية. وعندما تم إجراء القياسات للمرة الأخيرة منذ 15 عامًا، في مختبر «بروكهافن» الوطني في نيويورك، كان العزم المغناطيسي للميون أكبر مما تفترضه النظرية. ويَعتقد علماء الفيزياء أن التفاعل مع جسيمات مجهولة (ربما تلك التي تفترضها نظرية تُدعى «التناظر الفائق») قد يكون السبب في هذا الشذوذ.

تُعَدّ التفسيرات المحتملة الأخرى بمثابة صُدَف إحصائية، أو عيب في حسابات نظرية النموذج العياري التي أجراها العلماء، والتي تدمج التأثيرات المعقدة للجسيمات المعروفة، لكنّ ذلك أصبح مستبعَدًا بصورة أكبر، حسبما يقول ستوكينجر، الذي يضيف قائلًا إن طرق الحساب الجديدة والمراجعات التجريبية المتعددة تجعل الجانب النظري أكثر متانة بكثير مما كان عليه قبل 15 عامًا.

يقول لي روبرتس، عالِم الفيزياء بجامعة بوسطن في ماساتشوستس، وهو من المشاركين في قيادة تجربة «ميون جي-2»: "مع هذه النتيجة المحيرة من مختبر بروكهافن، يتوجب علينا إجراء تجربة أفضل". ستستخدم تجربة «فيرميلاب» عدد الميونات يماثل 20 مرة تلك التي استُخدمت في تجربة بروكهافن؛ وذلك لتقليص عدم التأكد بمعامل يبلغ 4. يقول روبرتس: "إذا اتفقنا - ولكن بهامش خطأ أصغر بكثير - سوف يثبت ذلك بالقَطْع أن هناك جسيمًا ما، لم يتم رصده في أي مكان آخر".

> **«سيكون ذلك أول دليل مباشر على جسيمات جديدة تمامًا».**

ولفحص الميونات، سيقوم علماء الفيزياء في فيرميلاب بحقن الجسيمات في مجال مغناطيسي، تحيط به حلقة يبلغ قطرها حوالي 14 مترًا. يمتلك كل جسيم خاصية مغناطيسية، تدعى «اللف المغزلي»، وهي مشابهة لدوران الأرض حول محورها. في أثناء حركة الميونات حول الحلقة - بسرعة تقترب من سرعة الضوء - تتذبذب محاور دورانها في المجال، لتصنع ما يشبه قممًا مغزلية غير متناسقة. وعند قياس كل من معدل الحركة الدورانية حول المحور هذه، والمجال المغناطيسي؛ نحصل على العزم المغناطيسي للجسيمات.

ومنذ نتيجة بروكهافن، بدا بعض التفسيرات الرائجة للشذوذ - بما في ذلك تأثيرات فوتونات مظلمة افتراضية - مستبعَدًا بواسطة تجارب أخرى، حسب قول ستوكينجر، الذي يضيف: "لكنْ إذا نظرنا إلى الصورة الكاملة لسيناريوهات فيزياء ما وراء نظرية النموذج العياري؛ فسنجد احتمالات عديدة".

وبالرغم من أن النتيجة الإيجابية ستقدم توضيحًا متواضعًا لماهية الجسيمات الجديدة، فإنها ستساعد التجارب الأخرى اللاحقة في تحديد تلك الجسيمات بدقة. وإذا ظل التفاوت الكبير نسبيًّا في نتائج بروكهافن قائمًا، فإنه قد يكون فقط بسبب جسيمات خفيفة نسبيًّا، االأمر الذي يُفترض أنه مقدورًا عليه في مصادم الهادرونات الكبير، حسبما يقول ستوكينجر، حتى وإنْ كانت تفاعلاتها نادرة، إلى درجة أنها تستغرق أعوامًا لكي تظهر.

إن الرغبة في البناء على النتائج السابقة – في الواقع - صادقة للغاية، بحيث إنه لتجنب الانحياز المحتمل، سيقوم العلماء في «فيرميلاب» بمعالجة نتائجهم الواردة، في ظل قَدْر من «التعمية»، وسيطبقون مكافئ لكل من مجموعتي القياسات اللتين تندمجان لإعطاء العزم المغناطيسي. هذا.. ولن يعرف أحد هل تم العثور على دليل على جسيمات جديدة مختبئة في الحساء الكمي، أم لا، إلا عند الكشف عن القرائن المكافئة النهائي. يقول روبرتس: "حتى ذلك الحين، لن يعرف أحد الإجابة، وستكون تلك لحظة مثيرة".

---

الصحة العامة

# مشروع ملحمي لتخزين اللقاحات

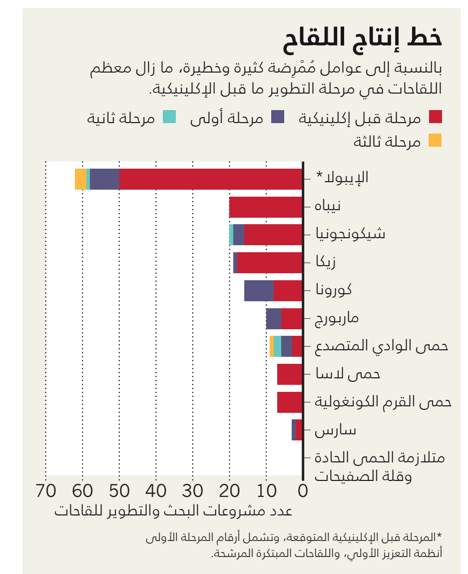
## مبادرة بمليار دولار أمريكي.. تهدف إلى تخزين لقاحات؛ لتكون جاهزة للاستخدام في حال الانتشار المفاجئ للمرض.

**ديكلان باتلر**

عند وقوع حوادث وبائية مفزعة، مثل «السارس» أو «زيكا» أو «الإيبولا»، عادةً ما يجد العاملون في المجال الصحي أنفسهم مكتوفي الأيدي. ولذلك أُطلقت في الثامن عشر من يناير الماضي مبادرة، قيمتها مليار دولار أمريكي، بغية تغيير هذا الوضع، عبر تطوير مُسبق للقاحات، وتخزينها؛ لمكافحة أي تهديدات وبائية محتمَلة.

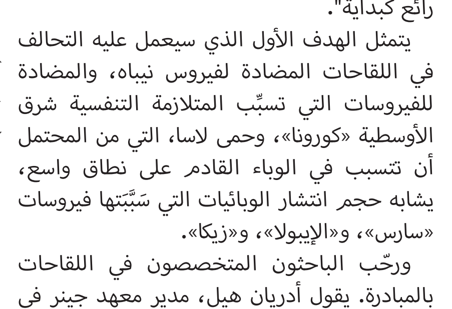
وقد أُطلق «تحالف ابتكارات الاستعداد للأوبئة» CEPI في المؤتمر الاقتصادي العالمي في دافوس في سويسرا، بدعم من النرويج، وألمانيا، واليابان، وصندوق «وِيلْكَم تراست»، و«مؤسسة بيل وميليندا جيتس»، تبلغ قيمته 460 مليون دولار أمريكي. تتوقع المنظمة أن تجمع - مع حلول نهاية العام الحالي - المليار دولار أمريكي اللازمة للسنوات الخمس المقبلة، حسبما يقول جون آرني روتينجن، الرئيس التنفيذي المؤقت للتحالف. وحتى الآن، تُعَدّ هذه هي الحملة الأكبر على الإطلاق، لتطوير اللقاحات الخاصة بمكافحة الفيروسات، التي تشكل تهديدًا وبائيًّا محتملًا.

ويقول جيرمي فارار، مدير «وِيلْكَم تراست» في لندن: "إنني متحمس؛ فقد كان هذا هو الإطلاق الرسمي، وقد وصل التمويل حتى الآن إلى ما يقارب




SOURCE: COALITION FOR EPIDEMIC PREPAREDNESS INNOVATIONS. PRELIMINARY BUSINESS PLAN 2017–2021 (CEPI, 2016).

500 مليون دولار أمريكي (وربما أكثر)، وهو مبلغ رائع كبداية".



يتمثل الهدف الأول الذي سيعمل عليه التحالف في اللقاحات المضادة لفيروس نيباه، والمضادة للفيروسات التي تسبِّب المتلازمة التنفسية شرق الأوسطية «كورونا»، وحمى لاسا، التي من المحتمل أن تتسبب في الوباء القادم على نطاق واسع، يشابه حجم انتشار الوبائيات التي سَبَّبَتها فيروسات «سارس»، و«الإيبولا»، و«زيكا».

ورحّب الباحثون المتخصصون في اللقاحات بالمبادرة. يقول أدريان هيل، مدير معهد جينر في أكسفورد بالمملكة المتحدة: "أنا مبتهج لإطلاق تحالف ابتكارات الاستعداد للأوبئة. إننا في حاجة ماسة إليه".



### تغذية خط التطوير

يرى هيل أن التحالف قادر على المساعدة كما يجب، ويضيف: "هذه المجموعة مميزة بكونها كبيرة، وتتوحد فيها جهود عدد كبير من المعاهد الأكاديمية، ووكالات الصحة العامة، والشركات الصغيرة والكبيرة، وطيف واسع من الممولين، من الجهات الخيرية والحكومية".



تُطبع المجلة بدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية

يُظْهِر تفشّي وباء الإيبولا - الذي بدأ في ديسمبر 2013 في غرب أفريقيا - مدى الحاجة إلى تطوير وقائي للّقاحات، حسبما يقول فارار. لم يكن يتوفّر أي لقاح عندما بدأ تفشي الإيبولا، لكنّ الباحثين تمكنوا من تطوير لقاح آمِن وفعّال ضد سلالة «زائير» المسؤولة عن المرض، في وقت قياسي، لم يتجاوز سنة ونصف السنة. وعادةً ما يستغرق صنع لقاح من الصفر سنوات، وقد يستغرق عشرات السنوات.

في هذه الحالة، استطاع الباحثون أن يتحركوا بسرعة، لأنّ الباحثين الكنديين والأمريكيين كانوا قد طوّروا بالفعل لقاحًا تجريبيًّا للإيبولا، إلّا أنّهم ضيعوا وقتًا ثمينًا، لأنّ تركيبات اللقاح بقيت على الرف لسنوات، دون أن يجري اختبارها على البشر.

يقول فارار: "كان علينا أن ننتظر 9-12 شهرًا، للحصول على بيانات السلامة لهذه اللقاحات. وخلال هذه الشهور، فَقَدَ الكثير من الناس حياتهم".

وعلى العكس من ذلك.. أَعَدَّ التحالف خطة للعمل على فيروسات «كورونا»، و«نيباه»، و«لاسا»، بحيث سيختبر لقاحات تجريبية مرشحة (لقاحين لكل مرض) خلال مرحلة الاختبار على البشر؛ للتثبت من سلامة استخدامها للبشر، وقدرتها على إنتاج استجابة مناعية حامية (انظر: «خطوط إنتاج اللقاح»). بعدها، سينتج مخزونًا كافيًا من اللقاحات المرشحة الواعدة؛ لاختبارها بسرعة، وتحديد مدى فاعليتها، وإمكانية استخدامها في حالة تفشّي المرض الوبائي. ويهدف التحالف إلى امتلاك مخزون من اللقاحات المضادة للأمراض الثلاثة المذكورة بحلول عام 2021.

## فشل السوق

ينوي «تحالف ابتكارات الاستعداد للأوبئة» دعم البحث في كل مراحله، بداية من العمل الأساسي في المختبر، حتى اكتشاف اللقاح، والتجارب الإكلينيكية، كما أطلق عروض بحوثه الأولى في 18 يناير الماضي، على أن تقدِّم فِرَق العمل اقتراحاتها الأولية؛ للحصول على المِنَح حتى 8 مارس من نفس العام.

يقول فارار: "لوقت طويل، فصلنا العمل الأكاديمي عن الخطوة التالية، التي تتعلق بالمضي قُدُمًا نحو كل ما يلزم لإنتاج اللقاح". وليس ثمّة سوق للّقاحات المضادة لتهديدات وبائية 'محتملة'، الأمر الذي يفسر نقص المحفزات التجارية اللازمة لإخراج الأبحاث من المختبرات لمرحلة التطوير الإكلينيكي.

يرمي التحالف إلى تغيير هذا الوضع، عبر توفير التمويل الدائم طويل الأجل، من الجهات الحكومية والخيرية؛ لتشجيع التعاون مع شركات التقنية الحيوية، وأسواق اللقاحات الكبيرة.

سيشكّل اشتراك قطاع الصناعة جزءًا مهمًّا في هذه المساعي، حسبما يقول فارار. وقد أعربت شركات الصناعات الدوائية: «جلاكسو سميث كلاين»، و«جونسون آند جونسون»، و«سانوفي»، و«فايزر»، و«تاكيدا»، وعدة شركات دوائية أخرى، عن استعدادها لدعم المبادرة، إلّا أنّ تفاصيل مشاركتها ما زالت قيد التفاوض.

يرغب «تحالف ابتكارات الاستعداد للأوبئة» - بشكل خاص - في انضمام الولايات المتحدة، لكن نظرًا إلى تغيُّر الإدارة الأمريكية، ستستغرق النقاشات وقتًا، حسبما يرى روتينجن. ويقول: "بصرف النظر عن الحكومة، لم يكن الوقت ملائمًا لإشراك الولايات المتحدة في ذلك". ■

STEVE GSCHMEISSNER/SPL

صورة التُقطت بمجهر إلكتروني ماسح لخلية من سرطان عنق الرحم.

علم الأحياء الخلوي

# أطالس الخلايا تتسابق لوضع خرائط للجسم

تتضافر أحدث تقنيات التصوير مع علم الأحياء الجزيئية، لوضع خرائط للسرطانات والأنسجة البشرية، خليَّةً بخليَّة.

**هايدي ليدفورد**

اندهش عالِم الأحياء الجزيئية جريج هانون، عندما استطاع - للمرة الأولى- المرور وسط أحد الأورام، وألهمه الأمر. فباستخدام نموذج واقع افتراضي، تَمَكَّن هانون وزملاؤه - من جامعة كامبريدج في المملكة المتحدة - من دخول الأوعية الدموية والخروج منها، كما فحصوا خلايا الجهاز المناعي المرتشحة، وصاغوا فكرة لإنشاء أطلس غير مسبوق للأورام.

يذكر هانون رد فعله حينها، إذ قال: "يا للهول! سيكون أمرًا مُدهشًا حقًّا".

في العاشر من شهر فبراير الماضي، أعلن «مركز أبحاث السرطان» في المملكة المتحدة – ومقره لندن - أن فريق هانون - المكون من علماء في الأحياء الجزيئية، وفلكيين، ومصممي ألعاب - سيتلقى ما قد يصل إلى 20 مليون جنيه استرليني (ما يعادل 25 مليون دولار أمريكي)، على مدار السنوات الخمس التالية؛ لإنشاء خريطة لسرطانات الثدي بتقنية الواقع الافتراضي التفاعلي.

كان الورم الذي مرّ خلاله هانون نموذجًا مصطنعًا، لكن النماذج الحقيقية ستحوي بيانات حول التعبير عن آلاف الجينات وعشرات البروتينات في كل خلية من خلايا الورم، على أمل أن يعكس هذا التفصيل المكاني والوظيفي المزيد عن العوامل التي تؤثر على استجابة الورم للعلاج.

هذا المشروع ليس إلا واحدًا من سلسلة تهدف إلى إنشاء جيل جديد من أطالس الخلايا، وهي بمثابة خرائط للأعضاء، أو الأورام، تصف موقع كل خلية وتكوينها بتفاصيل دقيقة.

وقد منح «مركز أبحاث السرطان» في المملكة المتحدة فريقًا آخر مبلغًا يصل إلى 16 مليون جنيه استرليني؛ لتصميم خريطة أورام مشابهة، تركِّز على المستقبلات والبروتينات. ومن المقرر أن يعلن «المعهد الوطني الأمريكي للصحة العقلية» في وقت لاحق من هذا العام أسماء الفائزين بمِنَح لوضع خرائط لأمخاخ الفئران، بتفاصيل جزيئية مذهلة.

وقد اجتمع الباحثون في يومي 23 و24 من شهر فبراير الماضي في جامعة ستانفورد في كاليفورنيا؛ لاستئناف ◄

التخطيط لأطلس الخلايا البشرية، وهو مشروع لم يتم تمويله حتى الآن، لرسم خريطة تضم كل خلية في الجسم البشري.

يقول إيدو أميت، الذي يدرس علم الجينوم الخاص بجهاز المناعة في «معهد وايزمان للعلوم» في رحوفوت في إسرائيل: "إنه موضوع مثير للغاية. يتعلق الأمر بالموقع.. والموقع.. ثم الموقع. ويعلم المجتمع أن هذه الخطوة يجب أن تكون هي الخطوة التالية".

على مدار السنوات القليلة الماضية، تهافت الباحثون على التقنيات التي تسمح لهم بوضع تسلسل المتممة الكاملة للأحماض النووية الريبية – عشرات الآلاف منها – في الخلايا المفردة. ويمكن للأحماض النووية الريبية تلك أن تكشف أيًّا من الجينات يتم التعبير عنها، وأن تقدم دلائل عن الوظيفة الفريدة للخلية في عضو، أو ورم معين.

وعادةً ما تتطلب طرق وضع التسلسلات التقاط الخلايا أولًا من النسيج الذي تعيش فيه. ومِن شأن ذلك أن يدمِّر بعض المعلومات القيِّمة المتعلقة بمكان وجود الخلايا في الأصل، وماهية جيرانها التي كانت تتفاعل معها. وتلك معلومات من شأنها أن تحمل أدلة جديدة على وظيفة الخلية، وكيف يمكنها أن تنحرف في النسيج المريض.

يقول نيكولا كروسيتو، عالِم الأحياء الجزيئية في معهد كارولينسكا في ستوكهولم: "تحوي تقنيات تسلسل الخلية الواحدة كثيرًا من الإثارة والأمل، لكن عندما نفكر في السرطان والأنسجة الفسيولوجية المعقدة، نحتاج إلى أن نكون قادرين على وضع هذه المعلومات في سياقها المكاني".

وقد بدأت التقنيات القادرة على فِعْل ذلك في الظهور بالفعل. ففي السادس من فبراير الماضي، أعلن أميت وشاليف إتزكوفيتز - من معهد وايزمان أيضًا - وزملاؤهما أنهم قد رسموا خريطة كاملة، خليةً بخلية، لفُصَيْصات كبد فأر مع تسلسلات الحمض النووي الريبي في كل خلية (K. B. Halpern *et al*. *Nature* **542**, 352–356; 2017). تنقسم فُصَيْصات الكبد بطبيعتها إلى طبقات متحدة المركز، وقد عثر الفريق على أنماط مميزة للتعبير الجيني في الخلايا الموجودة عند السطح البيني، الواقع بين طبقتين. يقول إتزكوفيتز: "هذا الجزء من النسيج ليس مجرد منطقة تحوُّل.. بل هو منطقة جديدة بوظيفة محددة".

**«عندما نفكر في السرطان والأنسجة الفسيولوجية المعقدة، نحتاج إلى أن نكون قادرين على وضع هذه المعلومات في سياقها المكاني».**

في الوقت نفسه، انضم هانون إلى عالِم الفيزياء الحيوية شيهوواي جوانج - من جامعة هارفارد في كامبريدج في ماساتشوستس - الذي طَوَّر منهجًا لتشفير الأحماض النووية الريبية بشفرات تعريف ثنائية يمكن قراءتها داخل الخلايا باستخدام تقنيات التصوير. ترصد هذه التقنية آلاف الأحماض النووية الريبية في خلية واحدة في وقت واحد، دون فصلها عن جيرانها. يقول جوانج: "في كل مرة أنظر فيها إلى الصور بشفرات التعريف الظاهرة فيها، أتذكر فيلم «ذا ماتريكس» *The Matrix*".

إنّ رسم الخرائط الجزيئية للحمض النووي الريبي أمر بسيط، مقارنة بالعمل على البروتينات وغيرها من الجزيئات. تقوم جوزيفين بانش الآن - في مختبر الفيزياء الوطني في تيدينجتون بالمملكة المتحدة - وزملاؤها بالعمل على تطوير أطالس للأورام، بمعلومات تفصيلية عن الجزيئات الصغيرة، مثل الدهون، والعقاقير، والمستقلبات، بالإضافة إلى جزيئات كبيرة، مثل البروتينات. وستسمح هذه الطرق لفريق العمل أن يُقيِّم حوالي 50 بروتينًا في كل عينة.

قد يبدو ذلك أقل تأثيرًا من آلاف الأحماض النووية الريبية المُقاسة بتقنيات أخرى، لكن المعلومات الخاصة بـ50 بروتينًا من البروتينات – التي يمكن اختيارها بما يتناسب مع أنسجة معينة، والموجودة في تراكيب مختلفة - أمر كاف لتحديد أنواع الخلايا الأساسية، وقياس أهم المسارات الجزيئية التي تعمل بها، كما يقول جاري نولان، عالِم الأحياء الجزيئية في جامعة ستانفورد.

كما يشير إلى أن البروتينات تقدِّم رؤية لوظيفة الخلية مباشرةً، أكثر مما يقدمه الحمض النووي الريبي، ومن ثم يمكنها أن تسمح للباحثين بربط بياناتهم – بصورة أفضل - بأطالس الخلايا التي سبق نشرها، والتي تعود إلى عدة عقود مضت.

يقول هانون إنه أيًّا ما كانت الطرق التي تنجح في الوصول إلى القمة، سيحتاج الباحثون أيضًا إلى تطوير طرق جديدة لعرض البيانات. ويضيف: "لتقنيات الواقع الافتراضي قُوَى ضخمة، لكنّ كَمّ المعلومات سيكون كبيرًا، حيث سنحتاج إلى طرق جديدة للتفاعل معها". ■

---

علم الأعصاب

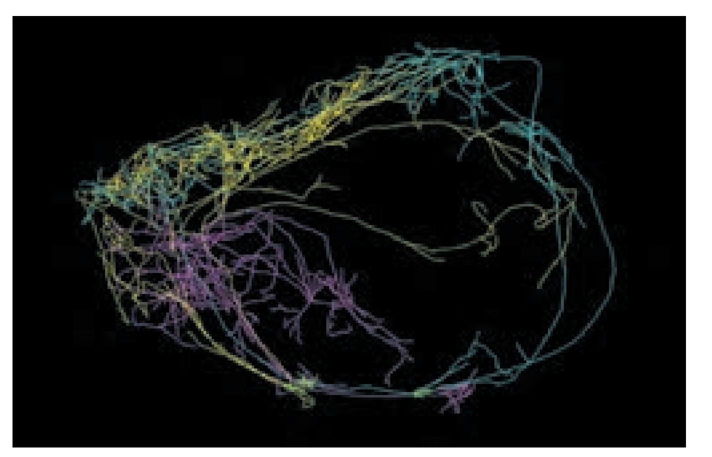
# خليةٌ عصبيةٌ عملاقة تُطَوِّق مخَّ فأر بكامِله

## الخلية الشبيهة بـ«تاج من الشوك».. تنبعث من منطقةٍ ذات صلة بالوعي.

**سارة ريردون**

مثل نباتات اللبلاب المتسلقة التي تُرسل سيقانها بحثًا عن شيء تتشبَّث به، تُرسل الخلايا العصبية بالمخ فروعها التي تتصل بالخلايا العصبية الأخرى في أرجاء العضو. وتَكشِف طريقةٌ رقميةٌ جديدة لإعادة البناء عن ثلاث خلايا عصبية تتفرع بكثافة في أنحاء المخ، من بينها واحدة تلتف بالكامل حول طبقته الخارجية. ويمكن لهذا الاكتشاف أن يساعد في تفسير كيفية قيام المخ بخَلْق الوعي.

قام كريستوف كوك - رئيس «معهد ألين لعلوم الدماغ» في سياتل بولاية واشنطن - بشرح التقنية التي استخدمها فريقه، في مؤتمرٍ عُقد في يوم 15 فبراير الماضي في مدينة بيثيسدا في ولاية ميريلاند، ضمن مبادرة «بحوث الدماغ عن طريق التقنيات العصبية المتقدمة والمبتكرة».



ALLEN INST. BRAIN SCI.

صورة رقمية تم بناؤها لخليةٍ عصبية تلتَفّ حول مخ الفأر.

أوضح كوك كيف تَعَقَّبَ الفريق ثلاث خلايا عصبية من طبقةٍ رقيقة وصغيرة من الخلايا، تُسمى العائق (claustrum)، وهي منطقةٌ يَعتقِد كوك أنها تعمل كمركزٍ للوعي في الفئران، وفي البشر (F. C. Crick & C. Koch *Phil. Trans. R. Soc. Lond. B* **360**, 1271–1279; 2005).

إنَّ تعقُّب كل فروع إحدى الخلايا العصبية باستخدام الطرق التقليدية مهمَّةٌ كبيرة، إذ يقوم الباحثون بحَقْن خلايا فردية بصبغةٍ معينة، ثم يقطعون المخ إلى شرائح رقيقة، ويقومون برسم مسار الخلية العصبية المصبوغة تلك بأيديهم. قليلون جدًّا مَن تمكنوا من رسم مسار خلية عصبية في المخ بأكمله، إلا أن الطريقة الجديدة أقل غزوًا، كما يمكن أيضًا تضخيم نطاقها؛ ما يجعلها مُوَفِّرَةً للوقت والجهد.

قام كوك وزملاؤه بهندسةِ سلالةٍ من الفئران، بحيث يمكن لعقارٍ معين أن يُنَشِّط جيناتٍ محدَّدة في الخلايا العصبية للعائق الخاص بها. وعندما قام الباحثون بإطعام الفئران بكمية صغيرة من العقار، تلقَّت حفنةٌ قليلة من الخلايا العصبية كميةً منه، كافية لتشغيل هذه الجينات.

وقد أسفر ذلك عن إنتاج بروتين فلوري أخضر، انتشرَ عبر الخلية العصبية كلها. ومن ثم، التقط الفريق عشرة آلاف



تُطبع المجلة بدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية

صورة مقطعية لمخ الفأر، واستخدموا برنامجًا حاسوبيًّا لإنشاء بنيانٍ ثلاثيِّ الأبعاد لثلاث خلايا مضيئة فقط.

وقد ظهر أن الخلايا العصبية الثلاث تلك تمتد عبر نصفي المخ، وتلتف واحدةٌ منها حول محيط المخ فيما يشبه "تاجًا من الشوك"، كما يقول كوك. الذي يضيف قائلاً إنه لم ير أبدًا خلايا عصبية تمتد إلى مسافات بعيدة هكذا عبر مناطق المخ المختلفة.

### اتصال مُحكَم

يحتوي جسم الفأر على خلايا عصبية طويلة أخرى، مثل عصب إسقاطي موجود في الرِّجْل، وخلايا عصبية من جذع المخ، ترسل فروعها عبر المخ؛ لإطلاق جزيئات التأشير، لكن خلايا العائق العصبية هذه يبدو أنها تتصل بمعظم أو جميع الأجزاء الخارجية للمخ، التي تتلقى المعلومات الحِسِّيَّة، وتقود السلوك.

يرى كوك في هذا دليلًا على أن العائق قد يكون هو المنسِّق للمدخلات والمخرجات عبر المخ، بهدف خلق الوعي. وقد بيَّنت الصُّوَرُ المَسْحِيَّة للمخ أن العائق في البشر هو أحد مناطق المخ ذات الاتصال الأكثر كثافة (C. M. Torgerson *et al*. *Hum. Brain Mapp*. **36**, 827–838; 2015)، إلا أن تلك الصور لا تُبيِّن مسار الخلايا المنفردة.

إنّ العائق منطقةٌ من مناطق المخ الجيدة التي يمكن أن يتم فيها اختبار التقنية الجديدة، إذ إنه كان موضوع دراسات مكثفة في الفئران، ولأنه يضم أنواعًا قليلة فقط من الخلايا، كما يقول جيمز إبرواين، المتخصِّص في علم الأدوية والعقاقير بجامعة بنسلفانيا في فيلادلفيا.

### تقييم الموقف

"الأمر مثير للإعجاب إلى حد كبير".. هذا ما يقوله رافاييل يوستيه عن تلك الطريقة، وهو متخصص في بيولوجيا الأعصاب في جامعة كولومبيا بمدينة نيويورك. وهو لا يعتقد أن وجود خلايا عصبية تُطوِّق المخ يُثبِت بشكل حاسم أن العائق يلعب دورًا في تكوين الوعي، لكنه يقول إنّ التقنية الجديدة سوف تكون مفيدةً لجمع الإحصاءات التي تميِّز أنواعًا مختلفة من الخلايا في المخ، ما يعتقد الكثيرون أنه سيكون ضروريًّا لفهْم كيفية عمل المخ. ويضيف قائلًا: "المسألةُ تُشبِه محاولة حل رموز اللغة، ونحن لا نفهم أبجديتها".

يرغب يوستيه وإبروابن في رؤية إعادة تركيب ثلاثي الأبعاد للخلايا العصبية المنفردة، مقارَنًا بتحليلٍ للجينات التي يتم التعبير عنها في هذه الخلايا. وقدْ يوفر ذلك أدلَّةً على نوع ووظيفة كل خلية.

ويقول يوستيه إنه من غير الواضح أيضًا ما إذا كانت أنماط التعبير الجيني تلك ترتبط بشكل الخلية العصبية، أم لا. فتقنيات التصوير - مثل تلك التي طَوَّرها معهد ألين - من شأنها أن تساعد الباحثين على اكتشاف ما إذا كانت علاقة كهذه موجودة بالفعل، أم غير موجودة.

ويخطِّط كوك لمواصلة رسْم خرائط للخلايا العصبية التي تنبثق من العائق، رغم أن التقنية باهظة الثمن جدًّا، بحيث لا يمكن استخدامها لإعادة بناء كل تلك الخلايا العصبية على نطاق واسع. كما يرغب كوك في أن يعرف ما إذا كانت جميع الخلايا العصبية بتلك المنطقة تمتد عبر المخ بأكمله، أم أن كلَّ خلية فريدة من نوعها، وتصل إلى منطقة مختلفة بعض الشيء عن غيرها. ■



IBM

خطوط فائقة التوصيل خاصة بالحاسب الكَمِّي الذي تنتجه شركة «آي بي إم».

الحوسبة الكمية

# السحابة الكَمِّيَّة تدخل السوق

تخطط شركة «آي بي إم» IBM لنظام يهدف إلى خلق سوق للتقنية التي لم تنضج بعد.

**دافيديه كاستيلفيكي**

تعتزم شركة «آي بي إم» طرح أول خدمة حوسبة كَمِّية «عالمية» تجارية في العالم، في وقت ما من هذا العام، حسبما أعلنت الشركة في 6 مارس الماضي، على أمل أن تَلْقَى الخدمةُ رواجًا لدى الجمهور. وتحت اسم «آي بي إم كيو» IBM Q، سوف يكون النظام متاحًا عن طريق شبكة الإنترنت، في مقابل بعض الرسوم.

لن يتفوق النظام على أجهزة الحاسب التقليدية، على الأقل في الوقت الحالي، لكن الشركة تقول إنه سيكون ذا أهمية في تطوير سوق للأجهزة الكَمِّية المستقبلية، التي يمكنها معالجة حسابات معقدة، تُعَدّ حاليًا بعيدة المنال بالنسبة إلى أجهزة الحاسب التقليدية.

يعتمد المشروع على المعرفة الكيفية الناتجة عن استخدام خدمة الحوسبة السحابية الحالية، التابعة لشركة «آي بي إم»، المسماة «كوانتام إكسبريانس» Quantum Experience، والمتاحة للجميع مجانًا. بدأ ذلك النظام العمل على شبكة الإنترنت في مايو 2016. يقول عالِم الفيزياء جيري تشاو، الذي يقود معمل الحوسبة الكَمِّية بمركز أبحاث شركة «آي بي إم» في يوركتاون هايتس، نيويورك: "لقد تعلمنا الكثير من وضع النظام على الإنترنت لعشرة شهور". لقد مَكَّن الباحثين حول العالم من التمرن على بناء خوارزميات كَمِّية، دون الحاجة إلى جهاز حاسب كَمِّي خاص بهم. إنّ «آي بي إم» تهدف إلى بناء "مجتمع ونظام بيئي" حول تقنيتها، حسبما يقول تشاو.

لن تفصح الشركة عن موعد انطلاق «آي بي إم كيو» بالتحديد، وستكتفي بالقول إنه سيَصْدر هذا العام. كذلك لن تفصح عن مدى قدرة النظام، أو عن تكلفة حصول المستخدِم عليه. وتقول الشركة إن لديها بالفعل عدة شركاء تجاريين، لن تفصح عن هويتهم، سيقومون باختبار وتطوير تطبيقات أجهزة الحاسب الخاصة بهم.

تُسَخِّر أجهزة الحاسب الكَمِّية الخصائصَ غير البديهية للفيزياء دون الذرية، حيث يمكن لِبتّات المعلومات - التي تُدعى بِتّات كَمِّية، أو «كيوبتات» qubits - أن تتخذ صورًا متعددة في وقت واحد، بدلًا من مجرد تمثيل 0 أو 1، كما تفعل البِتّات في الحوسبة التقليدية. وبدءًا من التسعينات، قام علماء الفيزياء النظرية – ومنهم مَن يعملون في شركة «آي بي إم» - بتطوير خوارزميات تعتمد على «الكيوبتات»، ويمكنها نظريًّا تأدية مهام محددة، أسرع بأضعاف مضاعفة من أجهزة الحاسب التقليدية.

### المنافسة الكَمِّية

مِن الناحية العملية، ثبت أن الحصول على «كيوبتات» كافية للعمل معًا على تطبيق أي من تلك الخوارزميات - فيما يعرف بالحاسب الكمي العالمي - يمثل تحديًا كبيرًا للغاية. ظهرت اثنتان من التقنيات، كلتاهما مرشحتان بقوة لمعالجة «الكيوبتات». إحداهما تحجز كل أيون على حدة في فراغ، باستخدام مجالات كهربائية ومغناطيسية، والأخرى تدمج الكيوبتات مع دوائر دقيقة فائقة التوصيل، تُحفظ عند بضع درجات فوق الصفر المطلق. لقد راهنت «آي بي إم» بشدة على التقنية الثانية.

في الأعوام الأخيرة، دخلت «جوجل» هي الأخرى في السباق، بتأسيس معمل «كيوبتات» فائقة التوصيل في سانتا باربارا، كاليفورنيا. فقد أعلنت كل من «جوجل»، و«آي بي إم» وحفنة من الشركات الأخرى والمعامل الأكاديمية، عن استراتيجيات جريئة لبناء أجهزة، بمقدورها التفوق على أجهزة الحاسب التقليدية، لكن ستحتاج كل من هذه الأجهزة إلى حوالي 50 «كيوبتًا» كي تعمل. يقف الرقم القياسي حاليًّا ◄

عند حوالي 20 «كيوبتًّا»، وهو ما يكفي بالكاد لإجراء حسابات بسيطة.

لذلك.. عندما قامت «آي بي إم» بطرح «كوانتام إكسبريانس» - الذي يعمل بواسطة 5 كيوبتات فائقة التوصيل - لم يرَه البعض ذا فائدة. يقول عالِم الفيزياء كريستوفر مونرو، الذي يدير معملًا للحجز الأيوني بجامعة ميريلاند في كوليج بارك: "نظر الكثيرون إلى «كوانتام إكسبريانس» على أنه حيلة دعائية، لكنني أعتقد أنه مهم للغاية".

وبالرغم من أنه ليس جهازًا عصريًّا للغاية، فقد احتاجت «آي بي إم» إلى التغلب على تحديات عديدة؛ لتتيح «كوانتام إكسبريانس» عبر الإنترنت، وتجعله قابلًا للاستخدام من قِبَل باحثين ليسوا بالضرورة فيزيائيين، ولم يعملوا على حاسب كَمِّي من قبل. اشتمل ذلك على خلق نظام، يمكنه العمل دون متابعة دائمة من قِبَل العلماء الذين قاموا ببنائه. يقول مونرو: "إتاحة الجهاز على السحابة أمرٌ من البديهي القيام به، لكنه يستلزم الكثير من العمل؛ ليصل النظام إلى هذا المستوى".

ولا شك في أن إتاحة نظام مثل «كوانتام إكسبريانس»، أو «آي بي إم كيو»، يعني أيضًا أن الباحثين حول العالم يمكنهم البدء في العمل على التحديات الفريدة للبرمجة الكَمِّية، وهو ما يختلف تمامًا عن التشفير التقليدي، ويتطلب من المبرمجين الفهم والتأقلم مع قيود «الكيوبتات» الفيزيائية. من السهل محاكاة جهاز حاسب خماسي «الكيوبت»، باستخدام حاسب تقليدي، بل حتى يمكن استخدام حاسب محمول، حسبما يقول مونرو، لكن «الكيوبتات» الحقيقية ليست بهذه البساطة.

### عصر السحابة الكَمِّية

يقول إيزاك تشوانج، عالِم الفيزياء بمعهد ماساتشوستس للتكنولوجيا في كامبريدج: "إن التحدي الحقيقي هو ما إذا كنا قادرين على تشغيل خوارزميتنا على جهاز حقيقي له عيوبه ونواقصه، أم لا".

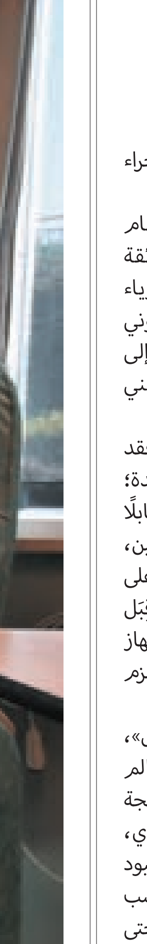
ويقول تشاو إن «آي بي إم كيو» سوف تكون لديه «كيوبتات» أكثر من «كوانتام إكسبريانس»، ولكن الشركة لم تستقر بعد على عدد محدد.

لقد جذب «كوانتام إكسبريانس» حتى الآن حوالي 40 ألف مستخدم من أكثر من 100 دولة. لقد قاموا بإجراء 275 ألف تجربة، وإنتاج حوالي 15 ورقة بحثية.

من بين تلك الأوراق البحثية، واحدة بواسطة مونرو وزملائه، قارنوا فيها بين أداء جهاز التوصيل الفائق لشركة «آي بي إم»، وأداء نظام حجز أيوني خماسي «الكيوبت» بمعمل مونرو (N. M. Linke *et al*. Preprint at http://arxiv.org/abs/1702.01852; 2017). كان نظام الشركة أسرع، ولكن جهاز مونرو كان أكثر دقة.

شارك مونرو في تأسيس نظام ناشئ، يُدعى «أيون كيو» IonQ، من المتوقع أن يطرح خدمة حجز أيوني كَمِّي معتمِدة على السحابة، ولكنه ليس لديه تقدير لموعد انطلاق الخدمة. تخطط «جوجل» للشيء ذاته بواسطة أجهزة «كيوبت» فائقة التوصيل خاصة بها، ولكنْ فقط عندما تكمل صناعة حاسب ذي 50 «كيوبتًّا»، حسبما يقول جون مارتينيز، رئيس معمل الحوسبة الكَمِّية في الشركة في سانتا باربارا.

في الوقت نفسه، لدى شركة «دي ويف» - ومقرها في بيرنابي، كندا - خدمة حوسبة كَمِّية عبر السحابة منذ 2010، لكن أجهزتها ليست أجهزة حاسب "عالمية"، ويمكنها تشغيل نطاق محدود فقط من الخوارزميات الكَمِّية. وبالرغم من ذلك.. استعانت بالخدمة مجموعات بحثية عديدة لتنفيذ مشروعاتها. ■

العلاج المناعي يمنح الأمل لبعض المرضى المصابين بسرطانات من الصعب علاجها، إلا أنه قد يأتي بنتائج عكسية.

العلاج المناعي

# أدوية السرطان قد تسرِّع مِن تفشِّي الأورام لدى بعض الأشخاص

العلماء يريدون فَهْم الكيفية التي قد يتسبب بها العلاج المناعي في زيادة حالات السرطان سوءًا في بعض الأحيان.

**هايدي ليدفورد**

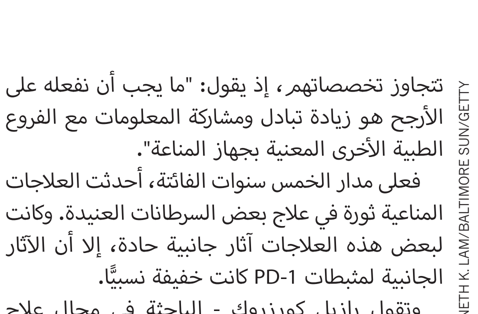
تبشِّر الأدوية القوية، التي تُطْلِق العنان لجهاز المناعة، بالقضاء على السرطان في بعض الأفراد الذين يعانون من المرض في مراحله المتقدمة. وعلى الجانب الآخر، هناك دراستان - تم إجراؤهما مؤخرًا[1, 2] - تشيران إلى أن هذه العلاجات، التي تُدعى «مثبطات PD-1»، ربما تعطي نتائج عكسية في بعض المرضى؛ إذ تسرع من تفشي السرطان. وهو ما يريد العلماء الآن معرفة سببه.

على الرغم من أن الدراسات الأخيرة محدودة جدًّا، وغير كافية لإقناع الأطباء بتغيير طريقة علاجهم للمرضى، فإنها أثارت الدعوات إلى إجراء تجارب إكلينيكية على نطاق أوسع؛ من أجل استكشاف كيفية تَسَبُّب أدوية العلاج المناعي - التي تهدف في الأصل إلى كبح جماح الأورام - في تحفيزها، بدلًا من ذلك.

يقول إيلاد شارون، الباحث في مجال علاج السرطان بالمعهد الوطني الأمريكي للسرطان، في بيثيسدا بولاية ميريلاند: "في ظل هذه الإحصائيات ضيقة النطاق، دائمًا ما يراودك الشعور بالحيرة". فما نحتاجه - على حد قوله - هو إجراء دراسات أوسع نطاقًا، توفِّر صورًا للأورام؛ لعرضها على علماء في الخارج. ويريد أيضًا مِن الباحثين في مجال علاج السرطان أن يوسِّعوا دائرة بحثهم بحيث



تُطبع المجلة بدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية


KENNETH K. LAM/BALTIMORE SUN/GETTY

تتجاوز تخصصاتهم، إذ يقول: "ما يجب أن نفعله على الأرجح هو زيادة تبادل ومشاركة المعلومات مع الفروع الطبية الأخرى المعنية بجهاز المناعة".

فعلى مدار الخمس سنوات الفائتة، أحدثت العلاجات المناعية ثورة في علاج بعض السرطانات العنيدة. وكانت لبعض هذه العلاجات آثار جانبية حادة، إلا أن الآثار الجانبية لمثبطات PD-1 كانت خفيفة نسبيًّا.

وتقول رازيل كورزروك - الباحثة في مجال علاج السرطان، والطبيبة في جامعة كاليفورنيا بسان دييجو - إن ذلك قد أدى ببعض الأطباء إلى إعطاء مثبطات PD-1 لمرضى السرطان الذين جربوا جميع أنواع العلاجات الأخرى، حتى ولو لم تظهر فاعلية العلاج المناعي مع المرض على نحو أكيد. وتستطرد كورزروك بقولها: "وحتى لو كانت هناك احتمالية ضعيفة للاستجابة، فإن وجود الاستجابة في حد ذاتها لشيء رائع. لقد اتبعنا في هذا الإجراء مبدأ التجريب المباشر".

وفي أحد الأيام، قارنت كورزروك ملاحظاتها بملاحظات زميل لها، لتكتشف أن كلًّا منهما يعالج مريضًا نَمَت لديه الأورام بسرعة غير عادية في أثناء العلاج بمثبطات PD-1. وعاد زميلها لاحقًا بعد بضعة أيام ليقول إن المريضين يملكان الطفرة الجينية النادرة نفسها، المتمثلة في وجود نُسَخ إضافية من الجينين المسبِّبَين للسرطان (*MDM2*، و*MDM4*).

بدأت كورزروك في جمع الحالات المرضية الخاصة بأفراد تطورَت أورامهم تطورًا سريعًا بعد العلاج المناعي. وحتى بعد جَمْعها لأمثلة من مختلف المصادر، شعرت بالقلق حيال نشر النتائج التي توصلت إليها. تقول: "قلنا في أنفسنا: مَن سينشر مثل هذه النتائج؟ لن يصدقنا أحد".

وواجه شارل فيرت - اختصاصي الأورام في معهد جوستاف روسي في فيلجويف بفرنسا - المشكلة نفسها. وقد شهد اجتماعًا، كان لبعض الأطباء فيه ردود فعل غريبة تجاه العلاج باستخدام بروتين PD-1. يقول: "قال بعض الأصدقاء والزملاء إنهم عالجوا مرضى بسرطان الرئة بهذا الدواء؛ وانفجر الورم بالكامل في غضون أسبوعين".

ولذا.. قرر فيرت وزملاؤه البدء في إجراء دراسة نظامية لنمو الأورام لدى مرضاهم. ونشروا نتائجهم في نوفمبر الماضي، حيث وصل 9% من المرضى الذين خضعوا للعلاج بمضاد PD-1، والبالغ عددهم 131 مريضًا، إلى مرحلة "شديدة التقدم" من المرض، مع نمو الأورام لديهم على نحو متسارع[1]. وبدت هذه الظاهرة أكثر شيوعًا في الأفراد الأكبر من 65 عامًا.

## روابط جينية

في 28 مارس الماضي، نشرت كورزروك وزملاؤها بيانات عن 155 شخصًا خضعوا للعلاج بمثبطات PD-1، وغيرها من العلاجات المناعية الأخرى[2]، إذ وجدوا نُسَخًا إضافية من جين *MDM2*، أو *MDM4* في 6 من المرضى، وطفرات في 10 منهم في جين يُسمى *EGFR*؛ وهو جين مرتبط بالإصابة بالسرطان. ومع أن الفريق لم ير أن هناك أية صلة بين العمر وسرعة تدهور الحالة المرضية، فقد لاحظ أن الأورام تنمو على نحو أسرع في أربع حالات لمرضى لديهم نُسَخ إضافية من جين *MDM2*، أو *MDM4*، وفي حالتين لمريضين لديهما طفرات في جين *EGFR*.

ولا يزال الفريقان يحاولان فَهْم تَسَبُّب العلاج المناعي في نتائج عكسية في مرضى السرطان. وتخمِّن كورزروك أن الأدوية ربما تُطْلِق العنان لبروتينات يُطلق عليها "عوامل النمو"؛ من شأنها تنشيط أورام معينة. ومن ناحية أخرى، يتساءل شارون عما إذا كان من الممكن التوصل إلى حل لهذه المعضلة من الأبحاث التي تُجرى حول تأثيرات بروتين PD-1 على الأمراض المعدية. وقد أوضحت دراسات سابقة أن تثبيط البروتين يمكن أن يستحث استجابات مناعية لمكافحة بعض الفيروسات، إلا أنه يقمع استجابات أخرى للمتفطرة المسؤولة عن الإصابة بمرض السُّل.

ويقول شارون إنه حتى الآن، ما زالت لا توجد أدلة كافية للتأكيد على أن النمو السريع للأورام يرجع إلى العلاج المناعي. ويضيف قائلًا إن المقاييس التي استخدمها فريق فيرت لدراسة نمو الأورام لم تُختبر بعد على نطاق واسع، ليتم استخدامها في الدراسات الإكلينيكية. وفي النهاية، يتساءل: "ماذا لو حدث مثل ذلك مع أدوية أخرى، ولم نكن نُجْرِي أبحاثًا عليها؟"

وبذلك يتفق فيرت مع ما تم التوصل إليه بخصوص أن الأدلة ضد العلاج المناعي ليست قوية على نحو كافٍ، بما يدعم تغييرات جذرية في كيفية علاج المرضى. ويؤكد: "سوف أستمر في وصف هذا العلاج للمرضى الطاعنين في السن، مع إيلائهم اهتمامًا خاصًا". ■


1. Champiat, S. *et al. Clin. Cancer Res.* http://dx.doi.org/10.1158/1078-0432.CCR-16-1741 (2016).
2. Kato, S. *et al. Clin. Cancer Res.* http://dx.doi.org/10.1158/1078-0432.CCR-16-3133 (2017).

# الرحلة الأُولى إلى النجوم

يجري الآن تشكيل خطة طموحة، لزيارة أقرب كوكب خارج المجموعة الشمسية.
وإليكم كيفية الوصول إلى «بروكسيما بي».

جابْريل بوبكين

حَمَلَ العام الماضي أخبارًا سعيدةً لكل من تتوق نفسه لرؤية عالَم فضائي عن قرب؛ حيث اكتشف الباحثون في شهر أغسطس الماضي كوكبًا، يُحتمل أن يكون صالحًا للحياة، ويقارب حجمه حجم كوكب الأرض، يدور حول أقرب النجوم من الشمس، هو نجم «بروكسيما سنتوري» Proxima Centauri، الذي يبعد عن الشمس بمقدار 1.3 فرسخ فلكي، أو 4.22 سنوات ضوئية، و0.22 من السنة الضوئية.

لا شك أن هذا الكوكب هو وجهة مغرية، لا يمكن مقاومتها، كما يقول البعض.. فإنّ إرسال مركبة فضائية إلى هذا الكوكب، الذي أُطلق عليه اسم «بروكسيما بي» Proxima b، مِن شأنه أن يمنح البشر النظرة الأولى على عالَم خارج المجموعة الشمسية. وفي هذا الصدد، يقول بروس بيتس، مدير قسم العلوم والتكنولوجيا في جمعية الكواكب في باسادينا في كاليفورنيا: "من الواضح أن الإنسانية ستقفز قفزة هائلة، إذا ما تمكَّنَّا من الوصول إلى المنظومة النجمية الأقرب إلينا". وقد تكشف لنا البيانات التي تصلنا من هناك عما إذا كان العالَم الفضائي تتوافر فيه ظروف مناسبة للعيش، أم لا، وما إذا كانت تسكنه أي كائنات حية، أم لا.

إنّ فكرة الوصول إلى كوكب «بروكسيما بي» ليست من قبيل الخيال العلمي. وفي الواقع، اتخذت مجموعة من رجال الأعمال والعلماء أولى خطواتهم لزيارة المنظومة النجمية «ألفا سنتوري» Alpha Centauri، التي يُعتقد أنها تؤوي كوكب بروكسيما، وذلك قبل أشهر قليلة من اكتشاف هذا الكوكب، الواقع خارج المجموعة الشمسية. وقد أعلنت المجموعة عن إطلاق مشروع «بريكثرو ستارشوت» Breakthrough Starshot، المدعوم بمبلغ 100 مليون دولار أمريكي من قِبَل المستثمر الروسي يوري ميلنر؛ لأجل تسريع وتيرة عمليات البحث والتطوير للمسبار الفضائي الذي يمكنه القيام بهذه الرحلة. وباكتشاف الكوكب (G. Anglada-Escudé *et al*. *Nature* **536**, 437–440; 2016)؛ اكتسب المشروع هدفًا أكثر إثارة.

إنّ الوصول إلى هناك لن يكون سهلًا، فرغم مدلول اسم بروكسيما بي (الذي يعني "الأقرب")، إلا أنه يبعد عن الأرض قرابة 2000 ضعف أقصى مسافة وصلت إليها المُعِدّات البشرية حتى الآن. ولكي يصل المسبار إليه خلال حياة عالِم من العلماء، لا بد أن تبلغ سرعة المسبار ما يقرب من خُمْس سرعة الضوء، وأن يتجول بعد ذلك في مسار خطر، وسط الغبار غير المرئي في مجموعتنا الشمسية والفضاء بين النجمي. بعد ذلك.. سيتعين عليه جمْع البيانات المفيدة خلال كل مرة يحلِّق فيها قرب نظام بروكسيما عند سرعة 60,000 كيلومتر في الثانية، وإرسال المعلومات عبر مسافة 4 سنوات ضوئية إلى الأرض. يمثل ذلك صعوبات هندسية بالغة، إلا أن باحثي المشروع يقولون إنّ ذلك ممكنٌ، وإنهم يسيرون حاليًّا نحو تحقيق هذا الهدف.

كما تتطلع مجموعات أخرى إلى الوصول إلى نجوم مجاوِرة، إلا أنها تفتقر إلى الإمكانيات - أو الأموال - المتوافرة لمشروع «بريكثرو ستارشوت». وحتى علماء الفيزياء الفلكية غير المشاركين في مشروع «ستارشوت» يوافقون الرأي القائل إنّ أمام هذا المشروعِ الفرصةَ الأكثر واقعية، للقيام برحلة بين نجمية خلال العقود القليلة القادمة. ويعود الفضل في ذلك – جزئيًّا - إلى العلماء الذين نشروا العديد من الأوراق البحثية التصورية حول الرحلات بين النجمية. يقول كالب شارف، عالِم الفيزياء الفلكية بجامعة كولومبيا في مدينة نيويورك، وهو ليس ضمن فريق المشروع: "يجمع مشروع 'ستارشوت' الأجزاء الأفضل من كل ذلك، ويكوِّن بهم شيئًا جديدًا".

يخطِّط قادة البعثة للبدء في تمويل مشروعات التطوير التكنولوجي في غضون عدة أشهر، بهدف إطلاق مجموعة من المسابير الصغيرة المدفوعة بالليزر خلال العشرين عامًا التالية، وهم يأملون أن تبلغ التكلفة الإجمالية لذلك قرابة 10 مليارات دولار، وسوف يقضون 20 عامًا أخرى، ليصلوا إلى «ألفا سنتوري».

## الإطلاق

تتمثل الخطوة الأولى الأكثر صعوبة في أي بعثة - مثل «بريكثرو ستارشوت» - في تسريع المركبة الفضائية، لتصل إلى السرعات بين النجمية. يقول فيليب لوبين - عالِم الفيزياء الفلكية في جامعة كاليفورنيا في سانتا باربرا، وعضو اللجنة الاستشارية والإدارية للمشروع - إنّ الصواريخ التقليدية لا تصلح إطلاقًا لتلك المهمة، إذ لا يمكنها تخزين قدر كاف من الطاقة الكيميائية على هيئة وقود. ويضيف: "ستوصلك الكيمياء إلى المريخ.. لكنها لن توصلك إلى النجوم".

لذا يركِّز مشروع «ستارشوت» على الاستفادة من الضوء. فمنذ مطلع القرن العشرين، استوعب العلماء أن للضوء قوة، وأنه يستطيع دفع الأجسام. وقد أثبت ذلك باحثون من وكالة استكشاف الفضاء اليابانية «جاكسا» JAXA، وجمعية الكواكب في الفضاء، عبر إطلاق مركبات شراعية كبيرة تُدفع بأشعة الشمس، إلا أن أشعة الشمس ليست قوية بما يكفي لتسريع سفينة نحو «ألفا سنتوري»، وهو ما سيتطلب مركبات شراعية ضخمة وغير عملية، كما يقول بيتس، الذي قاد فريقًا، أُطلِق في عام 2015 مركبة شراعية شمسية، بلغ حجمها 32 مترًا مربعًا.

كان المشروع قد قام بتقييم ما يزيد على 20 فكرة للدفع إلى ما وراء المجموعة الشمسية، بيد أن جميعها بدا صعبًا من "الناحية العملية"، على حد قول بيت ووردن، المدير التنفيذي للمشروع. وقد استقروا على مقترَح لوبين، الذي يتضمن استخدام أشعة الليزر. ففي عام 2015، صَمَّم لوبين خريطة طريق تصوُّرية؛ لإيصال مركبة فضائية إلى «ألفا سنتوري» في غضون 20 عامًا (P. Lubin *J. Br. Interplanet. Soc.* **69**, 40–72; 2016). كما اقترح الاستعانة بمجموعة من أجهزة الليزر على الأرض؛ لتوليد حزمة ضوئية قوية؛ بما يكفي لدفع مركبة شراعية ضوئية صغيرة.

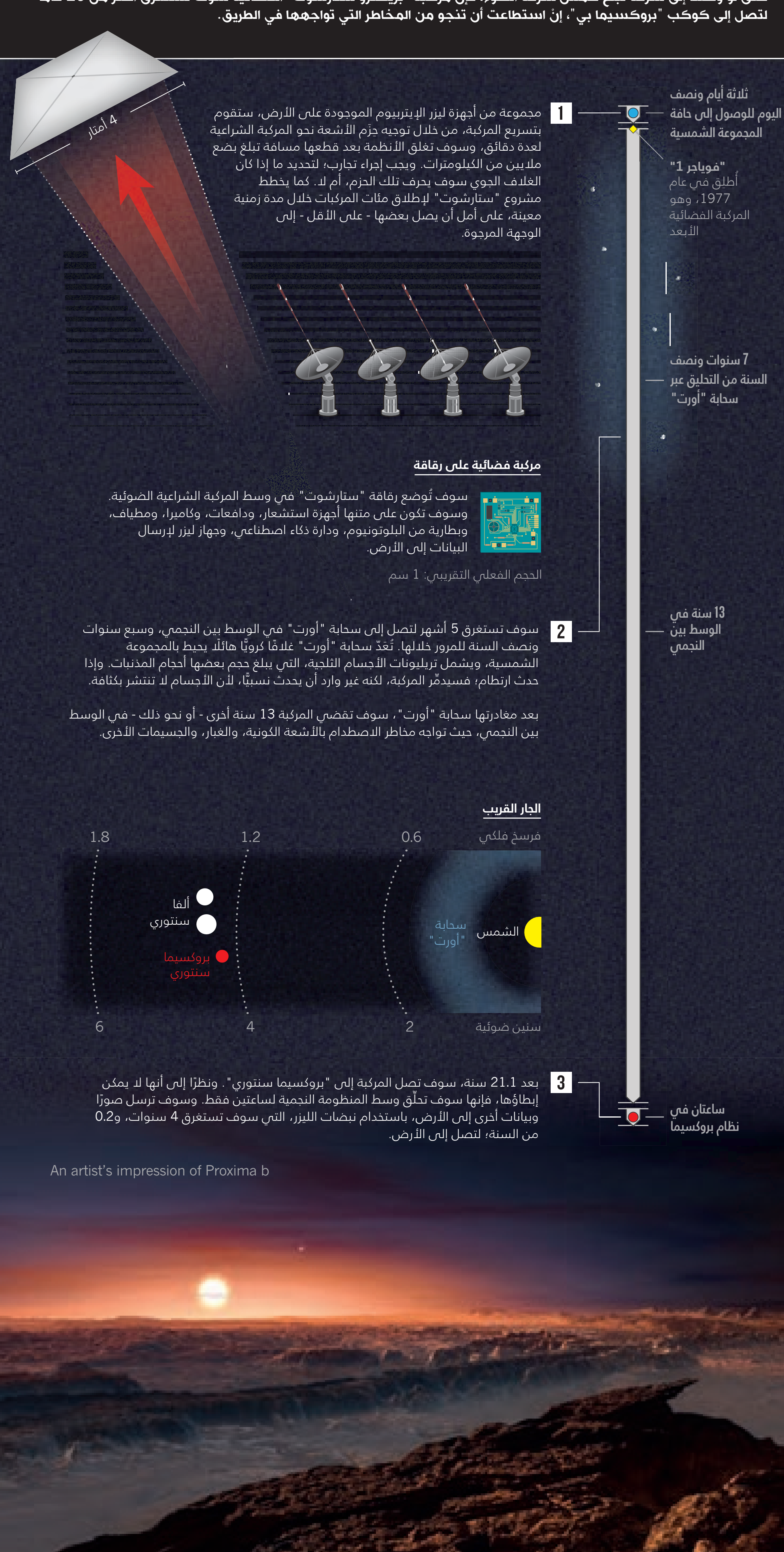
يخطِّط فريق «ستارشوت» لاستخدام الصواريخ التقليدية؛ لإرسال مسابيرهم إلى المدار. وبعد ذلك يُفترض أن تسلِّط مجموعة من أجهزة الليزر، التي تبلغ قوتها 100 جيجا وات، أشعة مستمرة من الأرض تجاه المركبة الشراعية لمدة عدة دقائق، تكفي لتسريعها حتى 60,000 كيلومتر في الثانية (انظر: «هل وصلنا؟»).

وقد أقر قادة المشروع بأنهم يعتمدون على الابتكارات الجديدة في مجال الليزر، حيث إن قوة المائة جيجا وات تلك تُعَدّ أقوى مليون مرة من حِزَم أجهزة الليزر المستمرة الضخمة، والموجودة اليوم، وتبلغ قوتها مئات من الكيلو وات. ويمكن تخطِّي هذه الفجوة عن طريق تجميع الضوء من مئات الملايين من حِزَم الليزر الأقل قوة، عبر مصفوفة يبلغ عرضها - على الأقل - كيلومترًا واحدًا، لكنّ الأمر سيتطلب تجميع كل تلك الحِزَم معًا في طور واحد، حتى تنضم موجاتها الضوئية إلى بعضها، بدلًا من إلغاء تأثير بعضها البعض؛ ما سيجعل من أجهزة الليزر إحدى التقنيات التي تتضمنها البعثة، والتي تتطلب أكبر قدر من التطوير.

## المركبة

لا وجه للمقارنة بين مركبة «ستارشوت»، وأي شيء آخر سبق إطلاقه في الفضاء. ولك أن تتخيل أن تلك المجموعة الصغيرة من الإلكترونيات، وأجهزة الاستشعار، والصواريخ، والكاميرات - إضافة إلى بطارية واحدة - الموضوعة على رقاقة، يبلغ عرضها سنتيمترًا واحدًا تقريبًا في منتصف مركبة شراعية دائرية، أو مربعة، يبلغ عرضها أربعة أمتار تقريبًا، تزن إجمالًا جرامًا واحدًا فقط. فكلما خف وزن المركبة؛ تَسَبَّبَت القوة نفسها في تسريعها بشكل أكبر.

ولزيادة السرعة إلى أقصى ما يمكن، وتقليل خسائر



An artist's impression of Proxima b

ARTIST'S IMPRESSION: ESO/M. KORNMESSER

أشعة الليزر إلى أدنى حد، ينبغي على المركبة الشراعية أن تعكس تقريبًا كل كمية الضوء الوارد، مع إمكانية مرور بعضه. وفعليًّا.. تتوافر المواد المناسبة على هيئة طبقات رقيقة من العوازل الكهربائية التي يمكنها أن تعكس حتى 99.999% من كمية الضوء الوارد، وهو ما يقارب الحد المطلوب، إلا أن الباحثين يحتاجون إلى زيادة إنتاج المواد الدخيلة، وتقليل تكلفتها، كما أنهم بحاجة إلى دراسة كيفية استجابة المواد لمستويات الضوء المكثف المطلوبة، التي قد تُحْدِث تأثيرات بصرية غير متوقَّعة.

في مرحلة التسريع، يجب أن تظل المركبة الشراعية مستويةً تمامًا، وأن تكون حساسة جدًّا لأي عيوب في شعاع الليزر، وتقوم بالتعويض عنها، حتى تظل المركبة في مسارها؛ لأنه في حالة حدوث أي انحراف ولو ضئيل في مرحلة مبكرة، قد يُدْخِل المركبة في مسار مختلف تمامًا. وتكمن إحدى طرق تحقيق ذلك في تهيئة المركبة الشراعية على وضع الدوران؛ ما يخلق قوة طاردة مركزية؛ من شأنها أن تشدها بقوة، وأن تجعل الأشعة غير المنتظمة تستوي على مساحة المركبة الشراعية. وقد أطلقت وكالة «جاكسا» مركبة شراعية شمسية تدور حول نفسها، ويصف ووردن هذه الفكرة بأنها "تبدو واعدةً للغاية" بالنسبة إلى المشروع.

وأيًّا ما كان تصميم المركبة، لا بد أن تكون قوية، إذ سيضربها شعاع ليزر بقوة 100 جيجا وات؛ مُوَلِّدًا سرعةً تفوق عشرات آلاف المرات سرعة سقوط أحد الأجسام على الأرض بفعل الجاذبية. ويشير ووردن إلى أن هذه القوى تماثل تلك التي تتعرض لها القذائف المدفعية في المناورات العسكرية، لكن لمدة زمنية أقل من الثانية، وليس لمدة الدقائق التي سيستغرقها الليزر في ضرب الجهاز.

ومن شأن خطة «ستارشوت» أن تبني عوامل قوتها بلغة الأرقام، إذ ستكون المركبة صغيرة الحجم، وقليلة التكلفة نسبيًّا؛ حتى يتمكن المشروع من إطلاق مركبة أو أكثر كل يوم، ويتحمل تكلفة خسارة بعض منها.

كما أن تطوير المسابير سيتم على مراحل، كما يقول ووردن. تتمثل المرحلة الأولى في بناء نموذج أَوَّلِيّ للنظام، ربما ستزيد سرعته إلى ألف كيلومتر في الثانية - أي أقل بنسبة 2% عن السرعة المخطَّط لها لمركبة «ستارشوت» - بتكلفة إجمالية تتراوح من 500 مليون دولار إلى مليار دولار.

## الرحلة

ستتوقف أجهزة الليزر بعد عدة دقائق، فور وصول سرعة المسبار إلى خُمْس سرعة الضوء، وقَطْعه مسافة بضعة ملايين من الكيلومترات، أي حوالي خمسة أضعاف المسافة بين الأرض والقمر. ففي الغالب، سوف تكون السنوات العشرون القادمة مملَّة.

يكمن الخطر الأكبر في هذه المرحلة في احتمال حدوث أضرار خطيرة، إثر الارتطام بالغبار، وذرات الهيدروجين، وغيرها من الجسيمات في الوسط بين النجمي. هذا.. إضافة إلى خطر الأشعة الكونية، وهي نوى ذَرِّيَّة تحلِّق في الفضاء بسرعة تقترب من سرعة الضوء، ويمكنها إحلال إلكترونيات مهمة. كما لا يعرف أحد - على وجه الدقة - عدد الجسيمات التي تملأ الفضاء بين النجمي، أو حجمها، إلا أن مشروع «ستارشوت» ينوي حماية مركبته من تلك الاصطدامات المحتملة، عبر طلاء حافتها الأمامية بطبقة، يبلغ سُمْكها مليمترًا واحدًا على الأقل، من مادة كنحاس البريليوم مثلًا.

وحتى لو لم تتسبب الضربة في تدمير المركبة، قد تدفع المسبار خارج مساره. ولذا، فإنه ينبغي تزويد المسبار بأنظمة ملاحة وتوجيه خاصة به، تُدار من قِبَل مولِّد خفيف الوزن، يستخدم نظائر مشعة، مثل بلوتونيوم-238، الذي يُعَدّ في الأساس بطارية نووية. وسينبغي على تلك الأنظمة

تُطبع المجلة بدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية



LUCAS JACKSON/REUTERS

يوري ميلنر، مؤسِّس مشروع «بريكثرو ستارشوت»، ممسكًا برقاقة شبيهة بتلك التي قد تسافر إلى «بوركسيما بي».

أن تتضمن نظام ذكاء اصطناعي بدائي، يرصد مواضع النجوم، ويعدِّل المسار من خلال إطلاق دافعات فوتونية. ويقول سكارف: "قلت للناس: ستحتاجون أن تضعوا نيل أرمسترونج، أو تشاك ييجر على رقاقة؛ لتتخذوا كل تلك القرارات الحاسمة في حينها".

لن يتمكن مصممو البعثة من تفادي جميع المخاطر، لا سيما تلك الناجمة عن الأجسام غير المعروفة حتى الآن، والموجودة في الوسط بين النجمي. لذا، فهم يفكرون في إطلاق مسابير استكشافية، فور إنشاء نموذج أَوَّلِيّ لنظام الدفع. ويمكن لهذه المركبات الأولية أن تقوم بأَخْذ عينة من الوسط بين النجمي، وإرسال التقارير، حتى تكتمل معلومات الفلكيين المنقوصة حول هذه البيئة.

## تحليق منخفض

إذا سارت الأمور حسبما هو مخطَّط لها، فسوف ينتبه الحاسوب الموجود على متن مركبة «ستارشوت» بحلول عام 2060، أو قرابة ذلك، ويرسل رسائل إلى الأرض عن الفحص الدوري للوضع، مشيرًا إلى اقتراب المركبة من «بروكسيما سنتوري»، بينما يستعد للتحليق بالقرب منه.

يتفق الخبراء على أن الأولوية القصوى في تلك المرحلة ستكون لالتقاط الصور. ويقدِّر لوبين أن المركبة ستتمكن من الاقتراب من «بروكسيما بي» على مسافة وحدة فلكية واحدة، أي المسافة نفسها بين الأرض والشمس. وحتى عند هذه المسافة، يمكن للصور الملتقَطة أن تكشف ما إذا كان الكوكب مائيًّا ونباتيًّا، مثل كوكبنا، أم قاحِلًا كالمريخ. كما يمكنها أيضًا التقاط صور للمَعالم كبيرة الحجم، مثل الجبال، والحفر.

كما يمكن للمطياف المحمول على متن المركبة استكشاف تركيبة الغلاف الجوي للكوكب، إنْ كان له غلاف جوي. وسيبحث الباحثون عن جزيئات مثل الأكسجين، والميثان، والهيدروكربونات الأكثر تعقيدًا، وهي علامات محتملة لوجود حياة على الكوكب. كما يمكن للمعدات أن تحاول قياس المجال المغناطيسي للكوكب، أو متغيرات أخرى، قد تكشف إنْ كانت «بروكسيما بي» له بيئة تساعد على وجود حياة - أو بيئة - أقسى بكثير.

وعند وصول المركبة إلى «بروكسيما سنتوري»، سيكون من المستحيل إبطاء سرعتها، ولذا.. ستعبر وسط النظام النجمي في حوالي ساعتين. ومن شأن ذلك أن يضع تحديات أمام تصميم معدات القياس الموجودة على متنها، مع العلم بأنه لم يسبق التقاط صور بأي كاميرا تتحرك بمثل تلك السرعة، البالغة خُمْس سرعة الضوء. لذا سينبغي على كاميرات المركبة أن تدور بحُرِّيَّة؛ كي يظل الكوكب في نطاق الرؤية، فيما سيكون على أجهزة الحاسوب الكائنة على الأرض تصحيح أيّ تشوهات في الصور نَتَجَت عن تأثيرات النسبية وتَغَيُّر زاوية الكاميرا، وكذلك بُعْدها عن الكوكب.

وبعد ذلك سيبرز واحد من أصعب التحديات التي ستواجه مشروع «ستارشوت»، وهو معضلة يُقِرّ قادة المشروع عدم تَمَكُّنهم من حلِّها حتى الآن؛ ألا وهي كيفية نقل البيانات من «بروكسيما» إلى الأرض لعلماء الفلك المتشوقين، وذلك باستخدام شعاع ليزر، تبلغ قوته وات واحدًا تقريبًا، مع البقاء على قوة الإشارة عند مقدار يكفي للتمكُّن مِن رَصْدها من الأرض، بعد الرحلة التي استغرقت 4.22 سنة. ويتصور لوبين أن يضع مجموعة من أجهزة الرصد على الأرض، على مساحة يبلغ عرضها كيلومترًا واحدًا، في الغالب على المساحة نفسها المخصصة لأجهزة الليزر الخاصة بالتسريع؛ وذلك لالتقاط البثّ الضعيف للمركبة.

كما ستمد البطارية النووية الموجودة على متن المركبة المكثِّفات بالطاقة؛ ما يزيد توهُّج الشعاع إلى أقصى درجة ممكنة، فيما يشبه «فلاش» الكاميرا. وقد يكون ممكنًا استخدام المركبة الشراعية كهوائي؛ لتعزيز الإشارة، إلا أن شعاع الضوء سيظل يظهر كشعاع رقيق وضعيف، وسط ظلام الفضاء الدامس.

ويمكن استخدام طريقة بديلة، قد تتمثل في إطلاق مجموعة متتابعة من المركبات، تعمل كمرحِّلات، بحيث ستقطع الإشارات الصادرة من كل رقاقة مسافة قد تبلغ عُشْر فرسخ فلكي فقط (أي 0.2 سنة ضوئية)، بدلًا من قطع المسافة كلها، إلا أن هذه الطريقة ستتسبب مزيدًا من التعقيدات، حسبما يشير لوبين وغيره.

## قدرة جديدة

يعبِّر الخبراء غير المشاركين في المشروع عن شعور طفيف بالتفاؤل المحفوف بالشك. يقول جريجوري كوارلز، كبير العلماء في جمعية البصريات بواشنطن العاصمة: "أعتقد أن هناك تحديات ضخمة" تقف أمام محاولة تضخيم قوة الليزر والتقنيات الأخرى المطلوبة"، ويضيف قائلًا إنه في حالة توفير التمويل المناسب مِن المصادر الخاصة والعامة؛ للبحث في مجالَي البصريات، وعلم المواد، "ستكون هناك عوائد لذلك الاستثمار".

ويقول البعض إن النهج البسيط الذي يستخدمه المشروع ينأى بالبعثة عن المقترحات السابقة الأقل عقلانية. يقول شارف: "لا أرى في الأمر أي شيء مستحيل تمامًا.. فهم لا يتحدثون عن سفينة كبيرة تتجه نحو نجم آخر".

هذا، فيما أبدى آخرون قلقهم من أن تتسبب العقبات التكنولوجية العديدة في إحباط الأمر برمّته. يقول بيتس: "إنني متخوف بشأن المستقبل القريب للأمر.. فكل قطعة تبدو لك أنها يمكن تركيبها (على المركبة)، لا تلبث أنْ تدركِ أنّ عليك أن تحشرها في جسم صغير وخفيف الوزن".

وحتى إذا تمكنت المركبة من الوصول إلى «بروكسيما بي»، يعتقد أندرياس تزيولاس - رئيس منظمة «إيكاروس إنترستيلر» Icarus Interstellar لاستكشاف الفضاء - أنها من غير المرجح أن تمدّنا ببيانات مفيدة. ويضيف: "إن فرصة نجاحها في إرسال صورة من «ألفا سنتوري» صغيرة جدًّا، أو تكاد تكون معدومة؛ إذ لا يمكن تزويد مركبة فضائية صغيرة بهذا الشكل بالطاقة الكافية لنقل إشارة ما". ورغم أن منظمته تدرس كذلك عملية الدفع بالليزر، إلا أن تركيزه ينصبّ على بعثة تعمل بالقوة الصادرة من عمليات الانصهار النووي، ويمكنها إرسال مركبة فضائية أكبر بكثير إلى «ألفا سنتوري» في غضون قرن من الزمن، ما يرى أنه سيكون قويًّا بما يكفي لإرسال بيانات مفيدة، وربما أيضًا نقْل مركبات آلية.

وقد صار باستطاعة علماء الفلك تَعَلُّم الكثير عن «بروكسيما بي»، قبل إطلاق أيّ مركبة من على سطح الأرض، دون الحاجة إلى إرسال أي شيء إلى ما بعد الكوكب الأقرب المجاور. ومن المقرر إطلاق تليسكوب «جيمس ويب» الفضائي في أواخر عام 2018، ومن المرجح أن يبدأ تشغيل عدة تليسكوبات عملاقة مثبتة على الأرض خلال العقد القادم. وباستخدام تلك التليسكوبات، قد يتمكن علماء الفلك من تحديد ما إذا كان الغلاف الجوي للكوكب الواقع خارج المجموعة الشمسية يحتوى على علامات لوجود حياة عليه، أم لا.

وكما هو متوقَّع أن يقوله أي مستكشف آخر، لا يوجد بديل لفكرة الذهاب إلى مكان جديد. فعلى سبيل المثال، كَشَفَ التحليق بالقرب من كوكب بلوتو في عام 2015 عن جبال ثلجية، وأنهار جليدية نيتروجينية، لم يتمكَّن أقوى التليسكوبات الأرضية من رؤيتها قط. وبشكلٍ مشابِه.. قد يَحمِل «بروكسيما بي» - وأيّ كوكب آخر قريب خارج المجموعة الشمسية – مفاجآت، لا تُرى إلا عن قرب، بينما يرى المؤيدون للبعثة أنها ستؤتي ثمارها بشكل أوسع. يقول كيلفن لونج، مدير مبادرة الدراسات بين النجمية في لندن، وعضو اللجنة الاستشارية للمشروع: "أرى في «ستارشوت» محاولة لتطوير القدرات. إنّ الأمر يشبه الذهاب إلى القمر". ويمكن لمجموعة من أجهزة الليزر التي يمكنها دفْع مركبة فضائية إلى «بروكسيما سنتوري» أن ترسل مسابير إلى أي مكان في المجموعة الشمسية، في غضون أيام قليلة، أو إلى الوسط بين النجمي في غضون أسبوع، أو اثنين، كما يقول.

إنّ هذا النوع من القدرات قد يجعل من استكشاف المجموعة الشمسية عملًا روتينيًا. يقول لوبين: "ما رأيك لو أنك استطعتَ توصيل شحنة من موقع أمازون إلى المريخ في اليوم التالي؟ إنّ ذلك يمثّل تحوُّلًا كبيرًا في قدراتنا الاستكشافية الممكنة". ■

**جابْرِيل بوبكين** صحافي حُرّ، مقيم في جبل رينييه، بولاية ميريلاند.



تُطبع المجلة بدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية

# ثــورة التــنــوُّع البيولوجي

علماء الإيكولوجيا يبحثون على نحو متزايد في الصفات - وليس الأنواع - لقياس صحة النظم البيئية

**ريتشيل سيرنانسكي**

كان إيميت دافي يسبح على عمق نحو خمسة أمتار تحت الماء قبالة ساحل بنما، عندما لفتت انتباهه سمكة نيص عملاقة من نوع القنفذ يجمع لونها بين السُّمرة والبياض. ونظرًا إلى بطء حركتها، كانت تلك السمكة ستصبح هدفًا رئيسًا للكائنات المفترسة، لولا الفروع الضخمة للشعاب المرجانية المعروفة باسم "مرجان الخورن" ("أكروبورا بالماتا" *Acropora palmata*) التي تشبه أغصان الشجرة والتي كانت تلك السمكة تحتمي بها. كان المشهد بمنزلة مصدر إلهام لدافي، عالِم الأحياء البحرية. لقد ذهب دافي إلى مواقع في الكاريبي كانت فيها أسماك المرجان أكثر عددًا وتنوُّعًا، ولكنها أصغر حجمًا، كذلك كانت الأسماك هناك أصغر حجمًا أيضًا. أما هنا في أرخبيل بوكاس ديل تورو فقد رأى تشكيلة متنوعة من الأسماك الكبيرة تختبئ بين فروع مرجان الخورن. يقول دافي: "كان السبب الذي جعل تلك الأسماك الضخمة قادرة على النمو في ذلك المكان يتمثل في توفُّر أماكن للاختباء وأماكن للعيش".

بالنسبة لدافي، أحيت تلك المقابلة مع سمكة القنفذ (واسمها العلمي "ديودين هيستريكس" *Diodon hystrix*) مفهومًا كان قد ظل يتأجَّج ببطئ في خبايا عقله وقتًا طويلًا، ألا وهو أن صحة النظام البيئي ربما لا تعتمد فقط على عدد الأنواع الموجودة فيه، وإنما تعتمد أيضًا على تنوُّع صفات تلك الأنواع. هذه الفكرة التي يطلق عليها اسم إيكولوجيا الصفات الوظيفية كانت تشكل جزءًا من عمله المختبري على مدار سنوات، ولكنها كانت دائمًا ما تبدو مجرد فكرة أكاديمية نظرية، وفق قول دافي، الذي يشغل حاليًّا منصب مدير شبكة تينيناوم للمراصد البحرية التابعة لمؤسسة سميثسونيان في واشنطن العاصمة.

تشهد هذه الفكرة رواجًا متزايدًا هذه الأيام لعلماء الإيكولوجيا. تنص الفكرة على أن التنوع البيولوجي لا ينبغي أن يقتصر على العدد المتوفر من نوع ما في نظام بيئي؛ وإنما بنفس قدر أهمية الحفاظ على صحة النِّظام الإيكولوجي وقدرته على التكيف، ينبغي مراعاة الخصائص المختلفة للأنواع والأشياء التي تستطيع القيام بها؛ إذا ما قيست وفقًا لصفات محددة مثل حجم الجسم أو طول الفرع.

JEFF ROTMAN/GETTY

**فروع مرجان الخورن ("أكروبورا بالماتا" *Acropora palmata*) توفر ملاذًا للأسماك الكبيرة، ولكن الباحثين غير متفقين على ما إذا كان ذلك يمثل صفة وظيفية أم مجرد تفاعل.**





تُطبع المجلة بدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية

يمكن لذلك التحول في التفكير أن تكون له مدلولات كبيرة لعلم البيئة؛ فقد يكون ضروريًّا لفهم طريقة تكيُّف النباتات والحيوانات مع تغيُّر المناخ والتنبؤ بها. وقد بدأ التنوع الوظيفي يؤثر على طريقة تفكير علماء البيئة بشأن المحافظة على الأنواع؛ بل إن بعض الحكومات قد بدأت في إدراج تلك الصفات في سياساتها الإدارية. فعلى سبيل المثال، تحركت حكومة بليز منذ عدة أعوام لحماية أنواع سمك الببغاء من الصيد الجائر، ليس بالضرورة لأن أعدادها في تناقص، ولكن لأن تلك الأسماك تقوم بتخليص المرجان من الطحالب ولها أهمية بالغة في بقاء الشعاب المرجانية على قيد الحياة.

تقول ساندرا دياز -عالِمة البيئة بالمجلس الوطني للبحوث العلمية والتقنية بالأرجنتين وجامعة قرطبة-: "إن التركيز على أعداد الأنواع فحسب لا يتيح لنا في الأساس تسخير كل تلك المعلومات المفيدة جدًّا التي لدينا بشأن آلية عمل العالم الفعلية". مع ذلك لا يزال بعض الخبراء يشعر بالقلق؛ إذ تظل الكيفية التي يجري بها تعريف الصفات مصدرًا للجدل، ومن دون توفر بيانات محكمة بشأن تنوع الصفات والأنواع في البيئات المختلفة حول العالم، قد يتبين أن أية خيارات موجَّهة بواسطة ذلك النهج ذات نظرة محدودة. يقول والتر جيتز -عالِم البيئة والأحياء التطورية بجامعة ييل في نيو هيفن بولاية كونيتيكت-: "أشعر بحماس حقيقي، ولكن يساورني القلق. فنحن المجتمع علمي بحاجة إلى توخي الحذر حقًّا في تقدير محدودية البيانات المتاحة".

## الكيف مقابل الكم

على مدار عقود، كانت دراسة التنوع البيولوجي في الأساس لعبة أرقام؛ فكلما زاد عدد الأنواع التي يتضمنها النظام البيئي، زاد الاعتقاد بأن ذلك النظام أكثر استقرارًا ومرونةً في مواجهة التغيير. بدا ذلك الأسلوب في التفكير منطقيًّا نتيجة لضآلة المعلومات المتاحة عن هياكل النظام البيئي ووظائف الأنواع داخله. ولم تكن التقنية التي يمكنها قياس الكثير من الصفات أو معالجة القدر الضخم من البيانات متوافرة. وقد تغير ذلك بفضل العديد من التطورات المتنوعة. فالتقدم الذي حدث في علم الأحياء الجزيئية مكَّن العلماء من دراسة الميكروبات بأعداد غفيرة. كذلك يمكن للأقمار الصناعية تقييم بعض الصفات مثل ارتفاع ظل الأشجار وإنتاجية البلانكتون البحري. كما أن القفزات التي حدثت في تطوير الأدوات الإحصائية والقدرة الحاسوبية قد ساعدت على الاستفادة من جميع البيانات التي يجري توليدها حاليًّا.

ينسب البعض أسلوب التفكير الجديد بشأن النظم البيئية -على الأقل في البحوث الرسمية- إلى عالِم البيئة ديفيد تيلمان بجامعة مينيسوتا في سانت بول. ففي عام 1994، نشر تيلمان بحث بارز[1] تتبَّع فيه تنوُّع الأنواع في مراعي مينيسوتا خلال موجة من الجفاف الشديد وقعت في ثمانينيات القرن الماضي. كانت المناطق الثرية بالأنواع أكثر قدرةً على تحمل الجفاف من المناطق التي تحتوي على أنواع قليلة، مما أكد الصلة بين التنوع والاستقرار. ولكن تلك العلاقة لم تكن تسير بشكل مستقيم، فلم يكن مطلوبًا سوى بعض الأعشاب المقاومة للجفاف فقط لتعزيز قدرة قطعة من الأرض على التعافي بدرجة كبيرة.

بعد ذلك بثلاثة أعوام نشر تيلمان ومعاونوه النتائج[2] التي توصلوا إليها من دراسة 289 قطعة أرض مستخدَمة كمراعٍ كانوا قد زرعوها بأعداد متباينة من الأنواع وراعوا فيها مستويات مختلفة من التنوع الوظيفي. أدى توفر بعض الصفات -مثل مسار عملية التمثيل الضوئي رباعي الكربون أو تثبيت النيتروجين- إلى صنع فارق في الصحة العامة لقطع الأرض أكبر من الفارق الذي أحدثه عدد الأنواع.

في الوقت ذاته تقريبًا، كان شهيد نعيم -مدير مركز الاستدامة البيئية بمعهد الأرض التابع لجامعة كولومبيا في نيويورك- يبحث أيضًا فيما وراء أعداد الأنواع لدراسة وظيفة النظام البيئي، مع التركيز على تنوُّع الأنواع عند مستويات مختلفة من الشبكة الغذائية. وفق ما يقول نعيم، فإن النظر في عدد الأنواع على حِدَة يشبه ذكرنا لأجزاء السيارة دون توضيح وظيفة كل جزء منها، ذلك من شأنه ألا يوفر أية إرشادات لما ينبغي عمله عندما تصاب تلك الأجزاء بأعطال. ويضيف: "لا يكون بوسعنا حينئذٍ سوى أن نقف أمام السيارة مكتوفي الأيادي، مثل إنسان بدائي لم ير سيارة في حياته مطلقًا، ونقول: 'السيارة تعطلت الآن! تُرى أين يكمن العيب؟'".

"التركيز على أعداد الأنواع فحسب لا يتيح لنا في الأساس تسخير كل تلك المعلومات المفيدة جدًّا التي لدينا بشأن آلية عمل العالم الفعلية".

بدأت دراسات التنوع الوظيفي تترسخ منذ منتصف تسعينيات القرن العشرين. جاء في الطليعة الأبحاث الخاصة بالنباتات والغابات لأنه من السهل نسبيًّا التعامل مع تلك النظم. ولكن ذلك النهج شهد توسُّعًا تدريجيًّا فشمل الطيور والحياة البحرية وأنواع التربة. تقول ديانا وول -عالِمة البيئة المتخصصة في مجال التربة بجامعة كولورادو ستيت في فورت كولينز- إنها وزملاءها ركزوا على الصفات والتنوع الوظيفيين لسنوات، بصفة جزئية لأنه غالبًا ما يكون التعرف على أنشطة الكائنات المجهرية في التربة أسهل من التعرف على الأنواع نفسها. تشعر وول بالحماس لأن استيعاب الباحثين للصفات والأنواع التي تعيش فوق الأرض وتحتها صار أفضل. تقول وول: "إن المعارف الجديدة على كلتا الجبهتين تساعدنا في فهم الاعتماد على الأنواع والوظائف".

## حدِّد أولوياتك بوضوح

يتحمس علماء الأحياء المهتمون بالحفاظ على الطبيعة للصفات الوظيفية؛ لأنها يمكن أن تؤثر على القرارات الخاصة بما ينبغي حمايته. يركز الباحثون ودعاة حماية البيئة في المعتاد على الأقاليم والمناطق الزاخرة بالأنواع، مثل الغابات المطيرة في الأمازون والحيد المرجاني العظيم في أستراليا. ولكن ريك ستيوارت-سميث -عالِم البيئة بجامعة تسمانيا في تارونا بأستراليا- أشار إلى إعادة صياغة تعريف النقاط الهامة للتنوع البيولوجي. من الممكن أن يشير دمج الصفات الوظيفية إلى أهمية المجالات التي لم تحظَ بقدرٍ كافٍ من الدراسة مسبقًا. يرى ستيوارت-سميث أنه من المبكِّر للغاية تحديد أماكن معينة يمكن أن تصلح لذلك الغرض؛ فلا تزال هناك حاجة إلى إجراء مزيد من الأبحاث المتعمقة. ولكن وفق ما يقول سميث، فإن علم البيئة الخاص بالصفات الوظيفية يجب أن يشمل في النهاية استراتيجيات الحفظ البيئي وكيف تختار الحكومات المناطق التي ينبغي حمايتها.

كذلك يمكن لأسلوب التفكير الجديد بشأن التنوع أن يكشف عن جوانب الضعف التي لم تكن معروفة من قبل. فربما يبدو أن المناطق الثرية بالأنواع تتمتع بنوع من الحماية ضد فقدان الصفات لأنه يُفترض أن الوظائف التي تقدمها تلك الصفات موجودة لدى الكثير من الأنواع، وفق ما يقول ديفيد مويو، عالِم البيئة البحرية بجامعة مونبلييه في فرنسا. ولكن بعض الوظائف لا يوفرها سوى نوع واحد فقط أو بضعة أنواع. ويسابق مويو وزملاؤه الزمن لتحديد تلك الوظائف النادرة.

تساعد عدسة التنوع الوظيفي في رسم صورة أكثر دقة للنظم البيئية. استخدم جريج أسنر -عالِم البيئة بقسم علوم البيئة العالمية التابع لمؤسسة كارنيجي للعلوم بجامعة ستانفورد في كاليفورنيا- مُصوِّر طيف فريدًا لوضع خريطة لخمس عشرة سِمة للغابات في أنحاء بيرو. وكانت الدراسات التقليدية قد حددت ثلاثة أنواع من الغابات في البلاد باستخدام مفهوم ثراء الأنواع، كما يقول أسنر، وهي الأراضي الجافة والسهول الفيضية وغابات المستنقعات. ولكن أسنر وفريقه بحثوا عن الصفات التي يمكنها المساعدة في تمييز المجموعات الوظيفية الجديدة، ووجدوا أن سبعًا منها كانت أساسية. ثم عمل الباحثون في أعقاب ذلك على تصنيف الغابات بناء على تلك الصفات، وخلصوا إلى 36 فئة تمثل توليفات مختلفة من الصفات السبع[3]. استخدم الباحثون النتائج التي توصلوا إليها في مساعدة دولة بيرو على إعادة التوازن لملف حماية الطبيعة في البلاد.

يقول أسنر إنه طُلب منه أيضًا اختيار مساحة من الأرض تقدر بأربعمئة ألف هكتار في شمال جزيرة بورنيو من أجل تخصيصها للحماية بناء على الصفات. يقول أسنر: "يريدون أن يعرفوا: أين تقع المليون فدان التي يمكنك فيها الحصول على أكبر قدر من التباين في الصفات؟ أين يمكنك وضع سياج حول أقصى درجات التباين الوظيفي؟"

كان ذلك المستوى من الاهتمام كفيلًا بتشجيع أسنر وغيره من الباحثين؛ لأن النظم البيئية في غاية التعقيد، لدرجة أنه إذا فُقدت أنواع أو وظائف معينة أو عمليات خاصة بالنظام البيئي فلا توجد طريقة لاستعادتها، على الأقل ليس باستخدام الأساليب أو المعارف الحالية. يقول أسنر: "ليس لدينا على وجه البسيطة العلوم أو التكنولوجيا التي تمكِّننا من تصميم غابة من الصفر بنفس الطريقة التي أنشأت بها الطبيعة والتطور تلك الغابة".

مع ذلك ينصح بعض الخبراء بعدم اتخاذ القرارات بناءً على الصفات الوظيفية إلى حين توافر بيانات أكثر اكتمالًا. يقول جيتز -الذي درس الصفات الوظيفية في النباتات والحيوانات الفقارية، وبالأخص الطيور: "بمجرد أن تفقد نوعًا واحدًا في مصفوفة البيانات الخاصة بك، ربما تفقد بذلك صفة أساسية لا يمثلها إلا ذلك النوع". ويحذر جيتز ليس فقط من وجود فجوات في البيانات وإنما من التحيُّزات أيضًا، مثل اختيار الباحثين للأماكن التي يحصلون منها على العينات، وهو الأمر الذي بإمكانه الانحراف بمجموعة بيانات إما نحو أقاليم أو أنواع معينة من البيئات أو بعيدًا عنها.

يرغب نعيم أيضًا في رؤية جهد عالمي منظم لإنشاء قاعدة بيانات أكثر اكتمالًا وشمولًا للصفات الخاصة بعالم الطبيعة. يقول: "عندما تتحمس حقيقةً لمجال معين فإن واحدًا من أكبر الاستثمارات والجهود وأهمها، التي يجب على الجميع دعمها، يتمثل في الحصول على البيانات التي نحتاجها".

هناك بعض الأعمال التي تجري على قدم وساق لبناء قواعد البيانات تلك للبيئات البرية والمائية على حد سواء.



تُطبع المجلة بدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية




فروع مرجان الخورن ("أكروبورا بالماتا" *Acropora palmata*) توفر ملاذًا للأسماك الكبيرة، ولكن الباحثين غير متفقين على ما إذا كان ذلك يمثل صفة وظيفية أم مجرد تفاعل.

هناك على سبيل المثال شبكة "تراي" TRY، التي يستضيفها معهد ماكس بلانك للكيمياء الجيولوجية الحيوية في ينا بألمانيا، وهي شبكة عالمية لعلماء النبات الذين يعملون منذ عام 2007 على بناء قاعدة بيانات للصفات والوظائف يكون الوصول إليها متاحًا للجميع. تحتوي قاعدة البيانات تلك حاليًّا على سجلات لعدد 100 ألف نوع من أنواع النباتات.

توجد أيضًا قاعدة بيانات "ريفيش" ReeFish، التي يقودها مويو حاليًّا، والتي تهدف إلى توفير المعلومات الخاصة بالصفات والمعلومات الجغرافية عن جميع أسماك الشعاب الاستوائية. كما أن برنامج مسح عالم الشعاب، الذي دشنه ستيوارت-سميث وعالِم العلوم البيئية البحرية جراهام إدجار في تسمانيا عام 2007، يتضمن سجلات للصفات لأكثر من 5000 نوع تنتمي إلى جميع أحواض المحيطات.

في الوقت ذاته يقود دافي برنامج مرصد الأرض العالمي البحري، التابع لمؤسسة سميثسونيان، الذي يقول عنه إنه "فرصة عظيمة لتحديد الروابط والصلات بين تنوع النظم البيئية البحرية ووظائفها على نطاق عالمي". توجد حاليًّا عشرة مواقع على الشبكة، وهو الأمر الذي يهدف إلى ترسيخ حضور عالمي يغطي الكرة الأرضية بأكملها.

جميع تلك الأعمال قيد التنفيذ، ورغم الاتفاق الكبير على أهمية التركيز على الصفات الوظيفية عبر النظم البيئية، لا يبدو حتى الآن أن هناك تعريفًا واضحًا لماهية الصفة. وسوف يكون من الصعب الاتفاق على تعريف يشمل مملكة النبات ومملكة الحيوان على حد سواء. ما قدر التفصيل المطلوب؟ وهل من المناسب التوقف عند الصفات القابلة للرصد، مثل حجم الورقة، أم البحث في التسلسلات الجينية الفردية؟

يبدو النظام الغذائي بمنزلة صفة غير واضحة المعالم. يُدرج بعض الباحثين الأنماط الغذائية عند تقييم الصفات الوظيفية لكائن حي، على سبيل المثال، عن طريق البحث فيما إذا كان بإمكان ذلك الكائن أن يتناول تشكيلة متنوعة من الكائنات أو أنه متخصص في الاقتيات على نوع واحد من الزهور. ويسخر باحثون آخرون من فكرة إدراج النظام الغذائي. يقول نعيم: "إذا لم تكن الصفة مدرجة على جينوم، فهي ليست صفةً إذًا"، ويبين أن الثعالب ربما تكون لها تفضيلات غذائية معينة، ولكنها مع ذلك سوف تظل تتناول طعام الكلاب المعلب إذا ما أتيحت لها الفرصة. يقول نعيم أيضًا إن الصفات المرتبطة بالجينات، مثل حجم الأسنان لدى الحيوانات المفترسة، سوف تؤثر على النظام الغذائي، ويمكن الاستدلال منها على أنماط التغذية.

## الحديث عن الصفات

تفتح التفاعلات بين الأنواع بابًا آخر للنقاش. ربما يفسر البعض احتماء سمكة القنفذ بالشعاب المرجانية -كما لاحظ دافي في بنما- بأنها عملية تفاعُل بين الأنواع، ولا يعدُّونها من الصفات. رغم ذلك، يرى دافي أن الصفات يمكن أن تؤثر على طريقة التفاعل بين بعض الأنواع وبعضها كما يمكنها أن تكون انعكاسًا لذلك التفاعل. فصفات الشعب المرجانية -مثل بنية فرعها وحجمه- هي ما يُمكِّن الأسماك من أن تنمو وتترعرع.

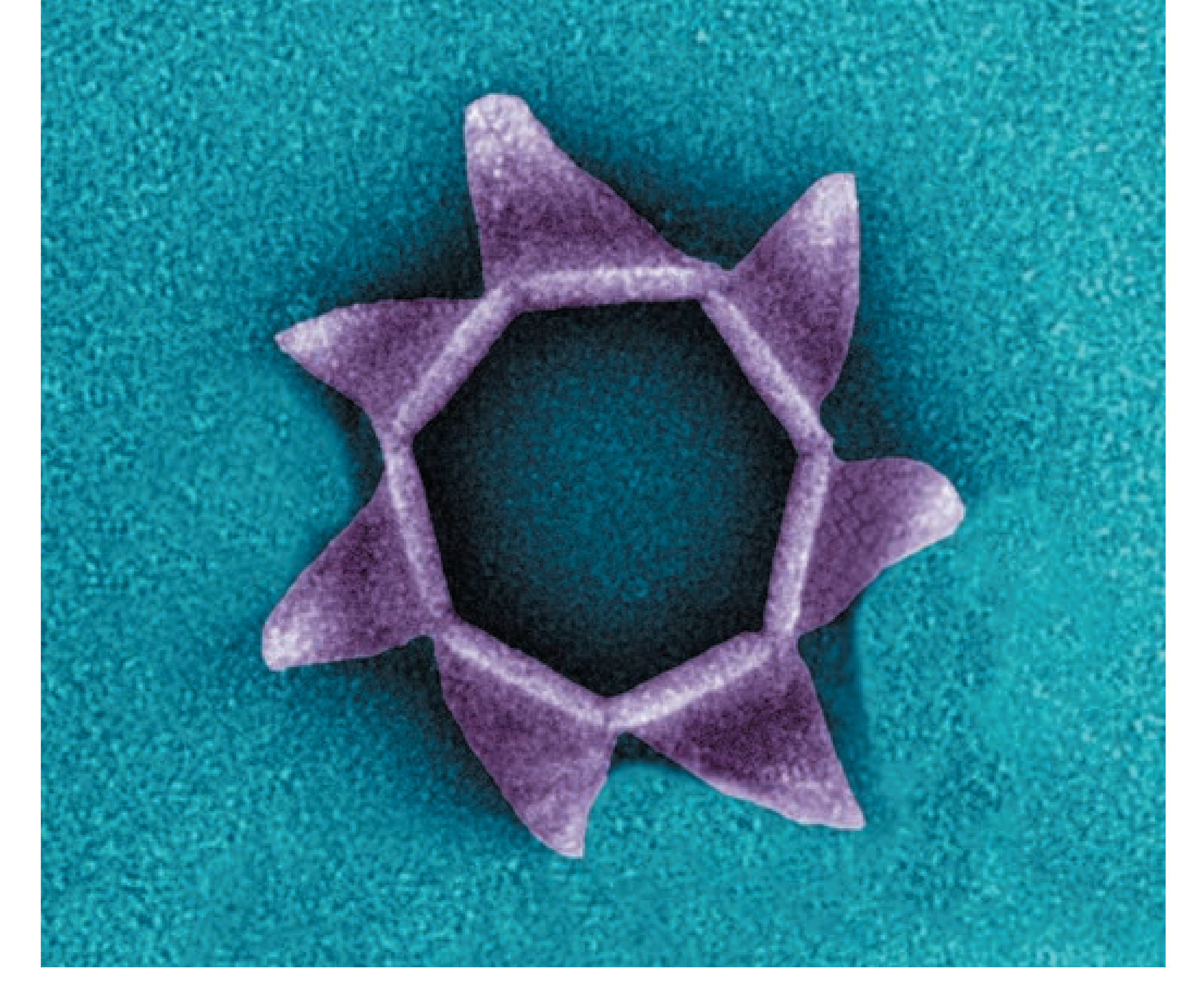
كذلك يُعَدُّ ترتيب أهمية الصفات لنظام بيئي من عدمه مسألةً أخرى مثيرة للجدل. يعمل بعض الباحثين على تحديد الصفات الأكثر قيمة، في حين يتبنى باحثون آخرون -مثل مويو- نهجًا لا أدريًّا بدرجة أكبر. يقول: "إننا لا نصنفها. لا نقول إن صفتين أو ثلاث صفات هي الأكثر أهمية والبقية صفات هامشية".

أما فيما يخص التركيز على التنوع الوظيفي فهو من المحتمل أن يكون بمنزلة خطوة فحسب في اتجاه إيجاد وجهة نظر شاملة بحقٍّ للتنوُّع البيولوجي، وهو الهدف الأسمى لعلماء البيئة ودعاة الحفاظ على الطبيعة. كذلك يجري في الوقت ذاته العمل لوضع مسارات تاريخية لتطور الأنواع في نظام بيئي، في محاولة لفهم فقدان التنوُّع البيولوجي وتخفيف آثار ذلك الفقد. يرى البعض ذلك "التنوع في السلالات" بمنزلة الركن الثالث من أركان البناء الذي يضم معه التنوع الوظيفي وتنوُّع الأنواع. ويعمل الباحثون في شتى أنحاء العالم على سد الفجوات الأخرى أيضًا. إضافة إلى ذلك، يعمل اتحاد ألماني كبير على دراسة طريقة تأثير تكثيف استخدام الأراضي على التنوع الوظيفي، وهناك حاجة إلى مزيد من العمل بشأن دور البيانات المكانية وعمليات التفاعل على مستوى البيئة الطبيعية وليس على مستوى النماذج المصغرة أو مواقع الدراسة الفردية.

ومع ذلك، يتبنى الباحثون في الوقت الحاضر الصفات الوظيفية نتيجة لمستوى التعقيد الذي أضافته تلك الصفات بالفعل إلى فهم النظم البيئية. ومن بين هؤلاء الباحثين جيتز، رغم تحذيراته من الاستعجال في اتخاذ القرارات بناء على التنوع الوظيفي. ربما لا تكون البيانات مكتملة، ولكن الصفات الوظيفية من المحتمل أن تتمكن من نقل أهمية النظم البيئية إلى الأشخاص خارج المجتمع العلمي - ومنهم صانعو السياسات والاقتصاديون - بطريقة ملموسة أكثر مما يستطيع ثراء الأنواع أن ينقلها بأي حال. يقول جيتز: "إذا فقدت نوعًا أو اثنين، فمن الصعب تفسير ماذا يعني ذلك". ولكن إذا استطعت أن تُبين صراحة كيف أن فقدان وظيفة يمكن أن يؤدي إلى إبادة نظام بيئي، فربما كان لذلك تأثير أكبر. "إنه أمر يمكن لعدد أكبر من الأشخاص فهمه". ■

**ريتشيل سيرنانسكي**، كاتبة حرة تعيش في دنفر بولاية كولورادو.

1. Tilman, D. & Downing, J. A. *Nature* **367,** 363–365 (1994).
2. Tilman, D. *et al. Science* **277,** 1300–1302 (1997).
3. Asner, G. P. *et al. Science* **355,** 385–389 (2017).



TESSA QUAX/DAVID PRANGISHVILI/GERARD PEHAU-ARNAUDET/JEAN-MARC PANAUD

# كشف أسرار كريسبر

**بينما يهتم العالم بأداة التحرير الجيني التي أحدثت ثورة في التقنية الحيوية، هناك أسئلة أساسية تتعلق بطريقة عملها ومصدر نشأتها لا تزال بحاجة إلى إجابة.**

**هايدي ليدفورد**

لم يكن فرانسيسكو موخيكا أول مَن رأى كريسبر (CRISPR)، إلا أنه ربما يكون أول مَن افتتن به. يتذكر موخيكا ذلك اليوم في العام 1992 حين ألقى نظرته الأولى على الجهاز المناعي الميكروبي الذي كان بصدد إحداث ثورة في التقنية الحيوية. حينها كان يستعرض بيانات تتابُع الجينوم لميكروب «هالوفيراكس ميديتيراني» «*Haloferax mediterranei*» المحب للملح، ولاحظ وجود 14 تتابعًا غير عادي من تتابُعات الحمض النووي. يبلغ طول كل تتابُع منها 30 قاعدة، ويمكن قراءتها بنفس الترتيب من أي طرف. وهي تتكرر كل 35 قاعدة أو نحو ذلك. ثم ما لبث أن رأى الكثير منها. أثار هذا الأمر دهشة موخيكا الذي جعل من هذه التكرارات محور أبحاثه في جامعة أليكانتي في إسبانيا.

لم يحظ قرار موخيكا بتأييد كبير، فقد مرت سنوات على مختبره من دون تلقي أي دعم مادي. وكان يبحث في الاجتماعات عن أبرز العلماء ليتعرف على وجهات نظرهم في تلك التكرارات الصغيرة الغريبة، بيد أنهم كانوا يحذرونه قائلين: "لا تشغل بالك كثيرًا بهذه التكرارات، نعرف منذ سنوات أن هناك الكثير منها في العديد من الكائنات الحية ولا نعرف نسبة التكرارات النشطة منها".

واليوم بتنا نعرف الكثير عن تقنية «كريسبر»، وهي التكرارات العنقودية المتناوبة منتظمة التباعد، والتي تعزز النظام المناعي الميكروبي لكريسبر-كاس "CRISPR-Cas" لتدمير الفيروسات المهاجمة. وبالرغم من تقدير معظم العاملين في مجال الطب الحيوي لآليات النظام - وبخاصة للنسخة المسماة بكريسبر-كاس9 - من حيث الاستعانة بها في تحرير الجينات، لا يزال موخيكا وعلماء الأحياء المجهرية منشغلين بتساؤلات أساسية عدة تتعلق بالنظام، وطريقة عمله، وكيفية تطوُّره، وإسهامه في تشكيل التطوُّر الميكروبي،



تُطبع المجلة بدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية

**تستخدم الكائنات بدائية النواة نظام كريسبر- كاس لمقاومة الفيروسات مثل تلك التي شكلت هذا التكوين على خلية.**

وسبب استخدام بعض الميكروبات له في حين لا تستخدمه أنواع أخرى منها، وهل من الممكن أن تكون له أدوار أخرى لم تبرُز بعد في نظامها البيولوجي الأساسي؟

تقول جينيفر دودنا -عالِمة البيولوجيا الجزيئية بجامعة كاليفورنيا بولاية بيركلي، والتي كانت من أوائل العلماء الذين كشفوا عن براعة «كريسبر-كاس» كأداة للتحرير الجيني: "إن جُل الاهتمام الذي حظيت به أنظمة «كريسبر» في وسائل الإعلام يدور حول استخدامه كتقنية، وهو بالطبع اهتمام مبرر، وذلك بما شهدناه لها من تأثيرات وفرص كبيرة، لكننا بحاجة في الوقت نفسه لإجراء الكثير من البحوث البيولوجية الأساسية المثيرة للاهتمام".

## من أين جاءت «كريسبر»؟

إن المميزات البيولوجية لنظام مثل «كريسبر-كاس» ظاهرة للعيان، إذ إن الكائنات بدائية النواة -كالبكتيريا والأحياء المجهرية وحيدة الخلية الأقل شهرة المسماة بالجراثيم العتيقة، والتي يعيش معظمها في بيئات قاسية- تواجه هجمات مستمرة من الفيروسات الجينية المُغيرة؛ فالفيروسات تفوق أعدادُها أعدادَ الكائنات بدائية النواة بنسبة عشرة إلى واحد، ويُقال إنها تقضي على نصف البكتيريا الموجودة في العالم كل يومين، كما تتبادل الكائنات بدائية النواة جزيئات من الحمض النووي تسمى البلازميدات "plasmids" والتي قد تكون طفيلية -تستنزف الموارد من حاملها وتجبره على تدمير ذاته إذا ما حاول طرد محتوياته الطفيلية الجزيئية. ويبدو أنه لا مكان آمنًا على كوكب الأرض -ابتداءً من تربته مرورًا ببحاره ووصولًا إلى أكثر الأماكن قسوةً عليه- إلا ويعج بالفيروسات الجينية المُغيرة.

طوّرت الكائنات بدائية النواة عددًا كبيرًا من الأسلحة الدفاعية لمواجهة تلك التهديدات، فإنزيمات القطع -على سبيل المثال- ليست إلا بروتينات تعمل على قطع الحمض النووي عند تتابُع معين أو بالقرب منه. إلا أن هذه الوسائل الدفاعية غير مجدية، فكل إنزيم مبرمَج للتعرُّف على تتابعات معينة، ولا يحظى الميكروب بالحماية إلا إذا كانت لديه نسخة من الجين المناسب. ويُعَد كريسبر-كاس أكثر فاعلية؛ إذ يتكيف مع بعض الفيروسات الجينية المُغيرة ويتذكرها بالطريقة نفسها التي توفر بها الأجسام المضادة مناعة طويلة الأمد بعد الإصابة بعدوى. ويقول جون فان دير أوست -أخصائي الأحياء المجهرية بجامعة فاخينينجن بهولندا: "عندما سمعنا عن هذه الفرضية للمرة الأولى، ظننَّا أنها طريقة متطورة للغاية لكائنات بدائية النواة بسيطة".

اكتشف موخيكا وآخرون وظيفة كريسبر-كاس حين لاحظوا أن الحمض النووي في الفراغات التي بين تكرارات كريسبر المتعاقبة قد يتوافق في بعض الأحيان مع التتابُعات في جينومات فيروسية. ومنذ ذلك الحين، استنتج العلماء أن البروتينات المرتبطة بكريسبر-كاس تضيف هذه التتابُعات المباعدة إلى الجينوم بعد تعرُّض البكتيريا والجراثيم العتيقة لهجمات من فيروسات أو بلازميدات معينة. ويوجِّه الحمض النووي الريبي (RNA) المتكوّن من هذه الفراغات بروتينات كاس الأخرى إلى تدمير أي حمض نووي أو حمض نووي ريبي مهاجم يحاول الالتصاق بالتتابع (انظر: «الحماية المستمرة»).

كيف نجحت البكتيريا والجراثيم العتيقة في امتلاك هذه الأنظمة المناعية المتطورة؟ هذا السؤال لم يجد إجابة حتى الآن، إلا أن النظرية السائدة تقول بأن تلك الأنظمة أصلها من الينقولات "Transposons" -وهي القافزات أو "الجينات القافزة" التي يمكنها التنقُّل من موضع إلى آخر داخل الجينوم. وقد اكتشف يوجين كونين الباحث في الأحياء التطورية مع زملائه[1]، في معاهد الصحة الوطنية الأمريكية في بيثيسدا بولاية مريلاند، أن مجموعة من هذه العناصر الوراثية المتنقلة تعمل على تشفير البروتين كاس1، الذي يشارك في إدخال المباعدات في الجينوم. كما استنتج أن تلك المجموعة الفريدة من «الينقولات» Capsosons قد تكون هي مصدر مناعة كريسبر-كاس. ويعمل الباحثون في الوقت الحالي على معرفة كيفية انتقال هذه الأجزاء من الحمض النووي من موضع إلى آخر- ثم رصد كيفية إسهام هذه الآلية في ما يتسم به كريسبر-كاس من تعقيد كبير.

## كيف يعمل كريسبر؟

كشفت السنوات الأخيرة عن المزيد من التفاصيل الجزيئية بخصوص طريقة إضافة بروتينات كاس للمباعدات[2]، إلا أن الحمض النووي الفيروسي يتطابق تقريبًا مع الحمض النووي المضيف من الناحية الكيميائية. فكيف تتعرف البروتينات في خلية مكتظّة بالأحماض النووية على الحمض النووي المراد إضافته لذاكرة كريسبر-كاس؟

إن المخاطر كبيرة؛ ففي حالة إضافة البكتيريا جزءًا من حمضها النووي قد تتعرض للهلاك بفعل المناعة الذاتية. يقول فيرجينيجوس سيكسنيز -الباحث في الكيمياء الحيوية بجامعة فيلنيوس بليتوانيا-: "هذه الإنزيمات سلاحٌ ذو حدين".

ويقول رودولف بارانجو -عالِم الميكروبيولوجيا بجامعة نورث كارولينا- إنه قد يتسرب لهذه التجمعات البكتيرية والجرثومية العتيقة بعض الأخطاء، فلا يضر انتحار عدد قليل من الخلايا إذا ما أسهَم ذلك في بقاء خلايا أخرى على قيد الحياة بعد التعرُّض لهجوم فيروسي.

وفي الحقيقة، فإن الفيروسات حين تتسلل إلى نظام بيئي بكتيري، لن تتمكن إلا بكتيريا واحدة من بين 10 ملايين بكتيريا من الحصول على مباعد يمكّنها من الدفاع عن نفسها. وهذه الاحتمالات تصعِّب من دراسة ما يدفع الخلية للحصول على ذلك المباعد، ومعرفة سبب نجاح إحدى الخلايا في ذلك وفشل البقية. ويقول لوتشيانو مارافيني -عالِم الميكروبيولوجيا في جامعة روكفلر بمدينة نيويورك: "من الصعب اكتشاف تلك البكتيريا في أثناء حدوث ذلك".

وربما يفيد في هذا الشأن الوقوف على كيفية التعرُّف على المباعدات المناسبة وتعزيز المعدل الذي تندمج عنده تلك المباعدات. وقد كشفت بعض الأبحاث أن الخلايا التي تحتوي على آلية كريسبر-كاس قد تعمل كجهاز لتسجيل الأنواع وفهرسة تتابعات الحمض النووي منقوص الأكسجين (DNA) والحمض النووي الريبي RNA التي تقع تحت أيدي الباحثين[3]. هذا قد يتيح لهم تتبُّع التعبير الجيني لخلية ما أو تعرُّضها للمواد الكيميائية البيئية على مر الزمان.

كما يود الباحثون أيضًا معرفة كيفية إزالة الذاكرات القديمة من المجموعة، فمعظم الميكروبات التي بها أنظمة كريسبر-كاس لا تضم سوى مجموعة قليلة من المباعدات؛ بل إن بعضها لا يتضمن سوى مباعدة واحدة. ومن ناحية أخرى، تُخصص الجراثيم العتيقة من فئة *Sulfolobus tokodaii* واحد بالمائة من مخزونها الوراثي لأنظمة كريسبر-كاس 5، التي تشمل 458 مباعدة.

ليس هناك ما يحفز للتمسك بالمباعدات القديمة؛ فإذا تحوَّر فيروس لتفادي كريسبر-كاس، ستصير المباعدة غير مجدية، بل قد يشكل الاحتفاظ بفائض من الأحماض النووية عبئًا على الميكروبات. يقول روتيم سوريك -عالِم الوراثة بمعهد وايزمان للعلوم في رحوفوت بإسرائيل: "لا يمكن للبكتيريا أن تزيد جينومها للأبد".

> "السؤال الذي يطرح نفسه هو: ما كم الأحياء التي تتجاوز مرحلة الدفاع؟"

## ما الدور الذي يمكن أن يؤديه كريسبر؟

يمثل أصل بعض المباعدات لغزًا، لا سيما وأن أقل من 3% من المباعدات التي رُصدت حتى الآن تتطابق مع أي تتابُعات معروفة في قواعد بيانات الأحماض النووية.

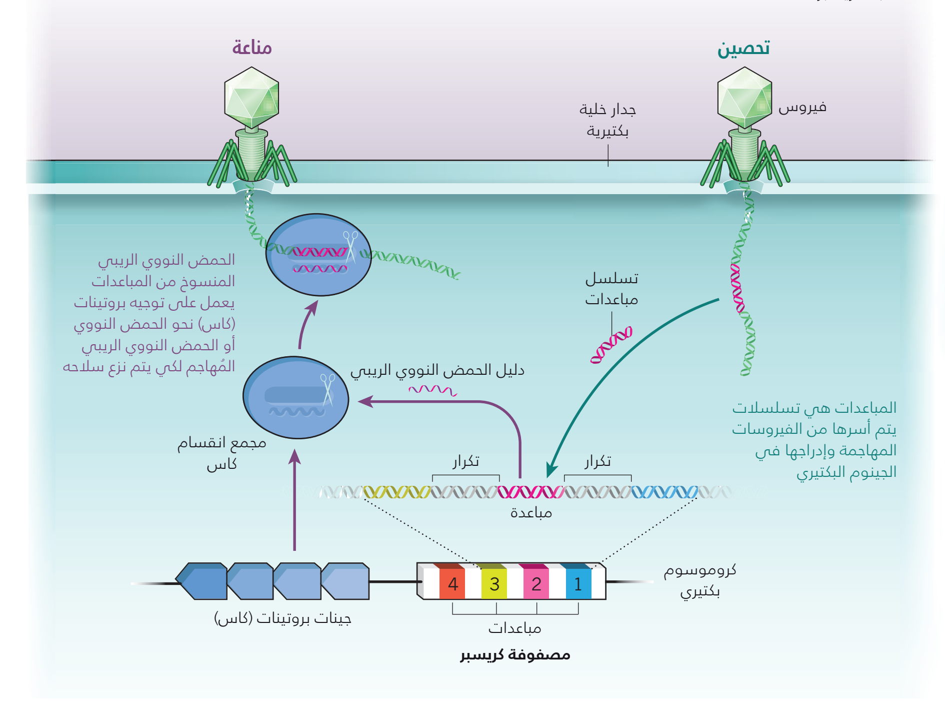
قد يعكس ذلك قلة معلوماتنا عن الفيروسات؛ إذ إن معظم الجهود المبذولة في دراسة التتابُعات تركز على الفيروسات التي تصيب البشر أو الماشية أو المحاصيل. وفي هذا الصدد يقول ميشيل تيرنز -الباحث في أحياء الحمض النووي الريبي بجامعة جورجيا في مدينة أثنز: "إننا لا نعلم إلا القليل عن أعداء البكتيريا، لا سيما أعداء الجراثيم العتيقة المجنونة".

من المحتمل أيضًا أن تكون بعض المباعدات مجرد أشباح لفيروسات لم تعد موجودة أو أنها تحوَّرت فبات من الصعب التعرُّف عليها. ولكن هناك فرضية ثالثة تلوح في الأفق؛ إذ اكتشف الباحثون نماذج من أنظمة كريسبر-كاس لا ينحصر عملها في تفادي المتسللات الوراثية. ففي بعض أنواع البكتيريا تتحكم مكوِّنات كريسبر-كاس في عمليات إصلاح الحمض النووي والتعبير الوراثي وتكوين الأغشية الحيوية، كما يمكنها أيضًا الحد من قدرة البكتيريا على إصابة الآخرين، ومن ذلك بكتيريا الفيلقية المستروحة "*Legionella pneumophila*" المسببة لداء الفيلقيات "Legionnaires' disease"، والتي يجب أن تحتوي على بروتين كاس من فئة «كاس2» لإصابة الأميبا التي تُعَد الكائن المضيف المعتاد لها. ويقول إريك سونثيمر -أخصائي الأحياء الجزيئية بكلية الطب بجامعة ماساتشوستس في مدينة ورسستر-: "إن السؤال الذي يطرح نفسه هو ما كم الأحياء التي تتجاوز مرحلة الدفاع. فهذا جانب يحتاج إلى مزيد من البحث في الأعوام المقبلة".

ويضيف سونثيمر أن ذلك يُحدِث توازيًا مغريًا مع اكتشاف تداخُل الحمض النووي الريبي، وهو نظام يخمد نشاط التعبير الوراثي في النباتات، والحيوانات، والكائنات الأخرى غير بدائية النواة. كما كان يُظَنُّ سابقًا أن تداخُل الحمض النووي الريبي يعمل كآلية دفاعية مبكرة، واكتشف الباحثون فيما بعد دوره في تنظيم التعبير الوراثي للمضيف.

## الحماية الدائمة

تتمتع حوالي 90% من الجراثيم العتيقة المعروفة وثلث البكتيريا بشكل من أشكال مناعة كريسبر-كاس. ويتم التحكم في ذلك بواسطة مجموعة من تكرارات الحمض النووي يفصل بينها تتابعات "مباعدات"، وسلسلة من الجينات التي تُشفّر البروتينات (كاس) المصاحبة لكريسبر.




وهذا قد يفسر أيضًا سبب عدم مطابقة بعض المباعدات للفيروسات أو البلازميدات المعروفة، على حد قول ستان برونس، الباحث في الأحياء المجهرية بجامعة دلفت للتكنولوجيا في هولندا، والذي استطرد قائلًا: "هذه الأنظمة ليست مثالية؛ إذ إنها تمسك بالحمض النووي الفيروسي وكذلك بالحمض النووي لها، وبمجرد سحبها لأجزاء جديدة من الحمض النووي، فإنها تكتسب وظائف جديدة -إن لم تمت".

## لماذا لا يستخدمه سوى بعض الميكروبات؟

أيًّا كانت الوظائف التي يؤديها كريسبر-كاس، فمن الواضح أن بعض الميكروبات تستفيد منه أكثر من غيرها. فوفق كونين، يتمتع ما يزيد على 90% من الجراثيم العتيقة بمناعة معتمدة على كريسبر، وهو الأمر الذي ينطبق على ثلث أنواع البكتيريا المتتابعة فقط، ولم تُرصَد أية مشكلة على الإطلاق مع كريسبر-كاس في الكائنات غير بدائية النواة، بما في ذلك الكائنات وحيدة الخلية منها.

تعيش إحدى الجراثيم العتيقة المسماة بالقزم البدائي الراكب «*Nanoarchaeum equitans*» كطفيلي على إحدى الجراثيم العتيقة الأخرى بالقرب من المياه التي توشك على الغليان، وقد استغنت عن العديد من جيناتها المتخصصة في إنتاج الطاقة وتدبير الاحتياجات الخلوية العامة. وقد كشف المحتوى متناهي الصغر لجرثومة القزم البدائي الراكب المكون من 490.000 حرف أنها مزودة بكريسبر-كاس يضم قرابة 30 مباعدًا. فيما يقول مالكوم وايت -عالِم الميكروبيولوجيا بجامعة سانت أندروز بالمملكة المتحدة: "إن جزءًا كبيرًا من مخزونها الوراثي ما زال مخصصًا لكريسبر الذي يمثل أهمية كبيرة، بيد أننا لا نعرف السبب وراء ذلك حتى الآن".

ومن جانبه، يقول إيتز ويسترا -عالِم الميكروبيولوجيا بجامعة إكستر في بينرين بالمملكة المتحدة- إن تلك الاختلافات تلمّح إلى وجود عوامل بيئية رئيسة تفضل أنظمة كريسبر-كاس، وتثمِّن الدفاع الفيروسي أو المزايا الأخرى -على خطر الانتحار الخلوي. ويبدو أن البيئات القاسية تفضل أنظمة كريسبر-كاس، إلا أن ويسترا لاحظ أن وجود هذه الأنظمة يختلف بين أنواع البكتيريا في الموائل الأكثر تقبُّلًا لها. فعلى سبيل المثال، تتخلص المفطورة المُنتِنَة «*Mycoplasma gallisepticum*» التي تصيب الطيور من آليات كريسبر-كاس عندما تنتقل من الدجاج إلى طيور البرقش البرية، ويتساءل ويسترا: لماذا يفيد النظام الدجاج بينما لا يفيد طائر البرقش؟ وهل خمن أي أحد السبب؟

تشير النماذج الرياضية، وبعض التجارب المعملية المبكرة إلى إمكانية تحقيق استفادة أكبر من كريسبر-كاس حين تكون هناك أنواع قليلة من الفيروسات لمواجهتها[5,4]. كما يمكن لمباعدات كريسبر-كاس تسجيل عدد محدود من التتابعات الفيروسية قبل أن يصير الحمض النووي المدمج عبئًا جينوميًّا عليها.

ووفق كونين إذا زاد تنوُّع الفيروسات في البيئة عن عدد المباعدات الممكنة زيادة كبيرة، فقد تكون أنظمة كريسبر-كاس قليلة الفائدة. فيما يوجد احتمال آخر مفاده أن الجراثيم العتيقة في البيئات القاسية لا يمكنها أن تعتمد بقوة على وسائل الدفاع الأخرى. تتمثل إحدى الطرق الشائعة التي تستخدمها البكتيريا في إحباط العناصر المغيرة في إحداث تحوُّر للبروتينات الكائنة على غلافها الخارجي المسمى بالغشاء. ومع ذلك، فإن بعض الجراثيم العتيقة قد لا تتاح لها الحرية الكافية للتعامل مع هذه الأغشية؛ نظرًا لأن بنية هذا الغلاف تمثِّل أهمية كبرى لبقاء الكائنات الحية التي تعيش في ظروف قاسية. ويقول موخيكا: "إن هذا يجعل من الأنظمة البديلة كنظام كريسبر أكثر أهمية".

## كم عدد أنواع كريسبر-كاس؟

ينصب اهتمام الناس على نظام كريسبر-كاس 9، الذي يتميز ببساطته وتنوُّعه في التحرير الجيني، لكن الميكروبات لا تفضل شيئًا بعينه، بل على العكس تميل إلى مزج الأنظمة المختلفة والتوفيق بينها، وسرعة اختيار الأنظمة الجديدة من البكتيريا الأخرى والتخلُّص من القديمة.

تعرف الباحثون رسميًّا على 6 أنواع مختلفة من نظام كريسبر تضم 19 نوعًا فرعيًّا، يقول مارافيني: "إننا حقًّا لا نعرف سوى كيفية عمل جزء منها".

إن فك طلاسم تلك الآليات قد يفتح لنا أبواب الكشف عن تطبيقات جديدة في مجال التقنية الحيوية لأنظمة كريسبر-كاس، إذ تنتمي أنظمة كريسبر-كاس 9 -على سبيل المثال- إلى النوع الثاني من الأنظمة وهو الذي يستخدم جزيئات الحمض النووي الريبي المنسوخة من المتتابعات المباعدة، لتوجيه إنزيم يقطع الحمض النووي الفيروسي أو الحلقي (البلازميد) المهاجم (انظر: الحماية الدائمة)، إلا أن الإنزيمات في النوع السادس من الأنظمة -التي اكتُشِفت العام الماضي[6]- تقطع الحمض النووي الريبي لا الحمض النووي الريبي منقوص الأكسجين، ويحتوي النوع الرابع من الأنظمة على بعض الجينات المرتبطة بكريسبر-كاس، ولكنه يفتقر إلى التكرارات وآلية إدراج المباعدات.

يُعَد النوع الثالث من أكثر أنظمة كريسبر-كاس توافرًا في الطبيعة ومع هذا لا نعرف عنه إلا القليل. وتشير الأدلة القائمة إلى أن هذه الأنظمة لا تواجه الأحماض النووية الريبية منقوصة الأكسجين أو الأحماض النووية الريبية المهاجمة، لكنها تستجيب لعملية نسخ الحمض النووي الريبي منقوص الأكسجين إلى حمض نووي ريبي. تقول دودنا إنه إذا كان الأمر كذلك، فسيكون ذلك بمنزلة شكل جديد من التنظيم يزيد من مجموعة أدوات كريسبر-كاس لتحرير الجيني".

قد تظهر أنظمة أخرى، لا سيما بعد أن توسع الباحثون في دراسة ما وراء الميكروبات التي تنمو في المزارع، لتشمل أعمالهم التتابعات الوراثية المأخوذة من عينات بيئية للحمض النووي. ويقول فان دير أوست: "قلنا أكثر من مرة إننا انتهينا من البحث قبل أن نُفاجَأ بظهور نظام جديد من أنظمة كريسبر-كاس".

وبالنسبة لموخيكا فإن تنوُّع أنظمة كريسبر والإجابة عن الأسئلة الأساسية بشأنها تمثل مصدر إغراء أكبر له من الثورة التي أحدثتها، الأمر الذي يحيّر زملاءه، على حد قوله. ويعكف موخيكا منذ أكثر من ربع قرن على دراسة بيولوجيا كريسبر-كاس، وبالرغم من أن التمويل الوفير متاح للراغبين في التحرير الجيني، إلا أن نوعية الأبحاث التي يضطلع بها موخيكا تعاني ضعف التمويل. ويقول موخيكا: "أدرك أنها أداة مثالية ورائعة يمكن استخدامها في علاج الأمراض، إلا أن ذلك ليس اختصاصي، فأنا مهتم بمعرفة كيفية عمل النظام من البداية وحتى النهاية". ■

**هايدي ليدفورد**، صحفية تعمل في دورية *Nature* في لندن.


1. Krupovic, M., Makarova, K. S., Forterre, P., Prangishvili, D. & Koonin, E. V. *BMC Biol.* **12**, 36 (2014).
2. Nuñez, J. K., Lee, A. S. Y., Engelman, A. & Doudna, J. A. *Nature* **519**, 193–198 (2015).
3. Shipman, S. L., Nivala, J., Macklis, J. D. & Church, G. M. *Science* **353**, aaf1175 (2016).
4. Weinberger, A. D., Wolf, Y. I., Lobkovsky, A. E., Gilmore, M. S. & Koonin, E. V. *mBio* **3**, e00456-12 (2012).
5. Westra, E. R. *et al. Curr. Biol.* **25**, 1043–1049 (2015).
6. Abudayyeh, O. O. *et al. Science* **353**, aaf5573 (2016).




تُطبع المجلة بدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية

# تعليقات



RAJESH KUMAR SINGH/REX/SHUTTERSTOCK

**طبيب يفحص رجلًا مصاباً بالسل. وشأنه شأن البكتيريا المسبِّبة للعديد من حالات العدوى الشائعة، أصبح السل مقاوِمًا بدرجة متزايدة للعقاقير.**

# مقاوَمة المضادّات الحيوية تعاني من مشكلة لُغوية

الفشل في استخدام الكلمات بوضوح يُضْعِف الاستجابة العالمية حيال تَراجُع فعالية المضادات الميكروبية، لذا، يدعو **مارك مندلسون** ورفاقه إلى توحيد المصطلحات.

يدرك الأطباء منذ فترة طويلة أن الميكروبات - مثل البكتيريا، والفيروسات، والفطريات - صارت تقاوِم العقاقير المستخدَمة لعلاجها على نحو مثير للقلق، إلا أن هناك استجابة عالمية لهذا التهديد الصحي المعقَّد - الذي يُطلق عليه عادةً مسمى «مقاوَمة مضادات الميكروبات» – تتطلب تدخل عدد أكبر من الجهات المعنية من حكومات، وجهات رقابية، وعامة الناس، بجانب خبراء الصحة، والغذاء، والبيئة، والاقتصاد، والتجارة، والصناعة.

وكل يغني على ليلاه في هذه الدوائر المختلفة؛ إذ إن العديد من المصطلحات المتداولة لوصف المشكلة يساء فهمه، أو يُفسَّر على نحو مختلف، أو يُنقل بدلالات غير مفيدة.

في 16 مارس الماضي، شكلت الأمم المتحدة فريقًا مشتركًا بين الوكالات؛ لتنسيق مكافحة مقاومة العقاقير[1]. ونحن نحثُّ على أن تكون أولى خطوات هذا الفريق هي استعراض المصطلحات التي تستخدمها الأطراف الرئيسة المعنية، فهذا الجهد من شأنه تعزيز التفاهم في جميع المجالات، ويساعد على تحفيزاستجابة عالمية متسقة وواضحة الأهداف.

## صعوبة فَهْم المصطلحات العلمية

بَيَّنَ استطلاعٌ أجرته «منظمة الصحة العالمية» في عام 2015 في 12 دولة عدم تعرض الناس لسماع مفهوم مقاومة المضادات الحيوية[2]، فمِن بين حوالي 10 آلاف شخص شاركوا في هذا الاستطلاع، لم يسمع سوى أقل من نصفهم عن مصطلح «مقاوَمة مضادات ◄

الميكروبات»، فيما لم يَعرف سوى خُمْسهم فقط اختصار المصطلح «AMR». وفي المقابل، عرف أكثر من ثلثي المشاركين مصطلحي «مقاومة المضادات الحيوية»، أو «مقاومة العقاقير». كما كشفت دراسة مماثلة نُشرت في العام نفسه لأشخاص من المملكة المتحدة – أجرتها مؤسسة «وِيلْكَم تراسْت» الخيرية المتخصصة في مجال الطب الحيوي بالمملكة المتحدة – عن وجود نتائج مماثلة[3].

وقد يؤدي استخدام الصحفيين والعلماء لمصطلحات متشابهة في النشرات العلمية والاجتماعات إلى نتائج عكسية على جميع الأصعدة. ولنأخذ مثالًا على ذلك في مجال إنتاج الغذاء، ففي السنوات الأخيرة، دعت قطاعات مختلفة الدولَ للتوقف عن استخدام «مضادات الميكروبات» التي تساعد على نمو الحيوانات أو إلغائها تمامًا، وذلك لحماية البشر من زيادة مستويات البكتيريا المقاوِمة للعقاقير[4]، غير أن مضادات الميكروبات تشمل - بحكم تعريفها - العقاقير التي تؤدي دورًا حاسمًا في الحفاظ على المستويات الحالية لإنتاج الدواجن في جميع أنحاء العالم، عبر الحَدّ من التهاب الأمعاء، الذي تسبِّبه طفيليات الأَكْرِيَّات. إن العقاقير المضادة لهذه الطفيليات ليس لها تأثير يُذكر على البكتيريا، ولا تؤدي إلى المقاومة البكتيرية لدى البشر أو الحيوانات الأخرى، ولذلك، المطالَبة بإلغاء جميع مضادات الميكروبات المستخدَمة في تعزيز النمو أمر يفتقر إلى الدقة، وقد يضر بالأمن الغذائي.

ومن شأن المصطلحات البسيطة الواضحة، التي لا لبس فيها، أن تساعد على ضمان تركيز الجهد العالمي لمكافحة مقاوَمة العقاقير على أكبر التحديات الطارئة، المتمثلة في ظهور بكتيريا مقاوِمة للعقاقير، تتسبَّب في أمراض شائعة، ناجمة عن كثرة استخدام البشر للمضادات الحيوية. وقد يُحَسِّن هذا أيضًا من فهْم الناس ومشاركتهم. وقد توصلت دراسة «وِيلْكَم تراسْت» إلى أن المواطنين إمّا لا يفهمون اللغة التي يستخدمها العلماء ووسائل الإعلام بخصوص مقاوَمة المضادات الحيوية، أو أنهم ينأون بأنفسهم عن التعامل مع المشكلة، لأنهم يشعرون بالعجز عن فعل أي شيء حيال ذلك.

## قوة الكلمة

للكلمات تأثير كبير.. فقد كشفت دراسة[5] أُجريت في عام 2015 عن استخدام الكلمات في شبكات وسائل الإعلام الاجتماعية، على سبيل المثال، أن تداول مصطلحي «تغير المناخ»، و«الاحتباس الحراري» كانت له آثار متباينة على المعرفة والوعي. كما كشف استطلاع رأي[6] أُجري في عام 2013 أن استخدام مصطلح «الاحتباس الحراري» كان أكثر نفعًا من مصطلح «تغيُّر المناخ» في تحفيز الأمريكيين لدعم الجهود الأمريكية الكبيرة وصغيرة الحجم؛ لمعالجة المشكلة، ولعل ذلك لأن العبارة تضفي إحساسًا أكبر بوجود خطر يمس الشخص مباشرة.

وبالمثل، فإن استخدام مصطلح «التعرض للتدخين السلبي» في السنوات الأربعين الماضية قد أسهَم إسهامًا بارزًا في تعريف الجماهير بمخاطر التدخين[7]، وأسهم أيضًا قرار تسمية الفيروس المسبِّب للإيدز بفيروس نقص المناعة البشرية (HIV) في عام 1986، بدلًا من فيروس الليمفاويات التائية البشرية (HTLV-III)، أو الفيروس المصاحب لاعتلال العقد الليمفاوية (LAV)، في تعريف الناس بأن المرض ناجم عن فيروس يضر بالجهاز المناعي. ومِن هذا المنطلق، أسهمَت هذه التسمية الجديدة في إزالة وصمة العار والتخلص التدريجي من مصطلحات مثل «طاعون المثليين»، الذي كان شائعًا في السابق عن مرض الإيدز.

أتاح تعيين فريق الأمم المتحدة المشترَك بين الوكالات فرصة لممارسة قوة الكلمات على مقاوَمة العقاقير، ونحن نحث هذا الفريق على التركيز على ثلاث مشكلات رئيسية.

**العدوى المقاوِمة للعقاقير** نقترح أن يكون هذا هو المصطلح الشامل المستخدَم (باللغة الإنجليزية) لوصف العدوى التي تسبِّبها الكائنات الحية المقاوِمة للعلاج، بما في ذلك تلك التي تسبِّبها البكتيريا التي لا تستجيب للمضادات الحيوية. وقد أشارت استطلاعات الرأي التي أجرتها «منظمة الصحة العالمية»، ومنظمة «ويلْكَم تراسْت» إلى أن معظم الناس يفهمون هذا المصطلح، وأنه متداوَل بالفعل مع مرض السل، (فمن المعتاد أن يتداول ممارسو الطب وغيرهم مصطلح «السل المقاوِم للعقاقير»). ونقترح أيضًا استخدام كلمات أكثر دقة، مثل «المضادات الحيوية»، أو «المضادات الفطرية»، وتفضيلها على «المضادات الميكروبية» عند الإشارة إلى عقاقير مضادة لنوع معين من الكائنات الحية.

**«ربما كانت عبارات الحرب والتهديد فعالة في يوم من الأيام، لكننا في الوقت الحالي بحاجة إلى مفردات موحدة أكثر دقة واتزانًا».**

**الاستخدام الأمثل «Stewardship»** يَرِد هذا المصطلح كثيرًا في المناقشات الدائرة عن مقاومة العقاقير، لا سيما أنه يشير إلى مدى تأثير الاستخدام المناسب للمضادات الحيوية على زيادة فعاليتها الحالية، وزيادة فرص إتاحتها للأجيال القادمة، إلا أن المصطلح دائمًا ما يُتداوَل على نطاق ضيق للغاية.

ومن الناحية التاريخية، مارست برامج المستشفيات الاستخدام الأمثل للمضادات الحيوية. ويستخدم كثير من الناس هذا المصطلح، للإشارة إلى أعمال أخصائيِّي العدوى، والصيادلة. وفي الوقت الراهن، يُمارس هذا على نطاق أوسع (انظر: «الكثير من المعاني»). وقد يتمثل الاستخدام الأمثل للمضادات الحيوية في التزام فردي، أو متعدد التخصصات، أو خاص بمستشفى، أو على صعيد المجتمع المحلي؛ لضمان الاستخدام الأمثل للمضادات الحيوية لدى هؤلاء المرضى، أو الحيوانات التي تعاني من عدوى بكتيرية تتطلب العلاج، وكذلك لضمان مراعاة جميع جوانب الإرشادات الطبية (من جهة الجرعة، والمدة، وغير ذلك). وعلى الجانب الآخر، تعمل «منظمة الصحة العالمية» في الوقت الحالي على وضع إطار عالمي للاستخدام الأمثل، قد يكون شبيهًا باتفاقية «منظمة الصحة العالمية» الإطارية بشأن مكافحة التبغ.

وإضافة إلى ذلك، غالبًا ما يُتداول مصطلح «المحافظة» كمرادف لمصطلح «الاستخدام الأمثل»، إلا أن هذا المصطلح له معنى أوسع، يشمل أيضًا الوقاية من العدوى في المقام الأول، وذلك - على سبيل المثال - عبر التطعيم، أو عبر تحسين جودة المياه، والصرف الصحي.

**الحرب** إنّ الخطاب المتداوَل بخصوص مقاوَمة العقاقير يُبيِّن الإنسان وكأنه في صراع ضد البكتيريا. فعلى سبيل المثال، يذكر الناس - في كثير من الأحيان - مصطلحَي "الحرب ضد البكتريا المقاوِمة للمضادات الحيوية"، و"مكافحة مقاوَمة مضادات الميكروبات". وفي إطار البحث عن عدو، غالبًا ما تُلقَى المسؤولية عن زيادة البكتيريا المقاوِمة للمضادات الحيوية على عاتق العاملين في مجال الصحة الحيوانية وصناعة الماشية، والمزارعين، والجرّاحين البيطريين.

ولن يجدي الخطاب المحمَّل بلَوْم الآخرين نفعًا، فاستخدام المضادات الحيوية في الحيوانات يحدد البكتيريا المقاوِمة للعقاقير، التي قد تنتقل من المزارع إلى الطعام، إلا أن العامل الأهمّ وراء مقاوَمة المضادات الحيوية لدى البشر هو الضغط الشديد الناتج عن إساءة استخدام المضادات الحيوية، وإفراط الناس في تناولها. كما فشل السرد العدائي أيضًا في تناول العلاقات التكافلية، التي تربط بيننا وبين البكتيريا، فكلما

### الكثير من المعاني

قد يشير مصطلح "الاستخدام الأمثل للمضادات الحيوية" إلى أحد مساعٍ ستة؛ إذ يتداوله معظم الناس لوصف أعمال الأطباء والصيادلة.

| النوع | السمات |
| --- | --- |
| الفردي | نهج نظامي، يتبناه واصف الدواء؛ لأجل الاستخدام الأمثل؛ بغية تحسين نتائج المرضى، وضمان سلامتهم، والحدّ من ظهور المقاومة. |
| التخصصات المتعددة | أي مجموعة من أخصائيِّي العدوى، أو علماء الأحياء الدقيقة، أو الأطباء غير المتخصصين، أو الصيادلة، أو مسؤولي الوقاية من العدوى، أو الممرضات، أو الجراحين البيطريين والمهنيين البيطريين (المعنيين بالصحة الحيوانية)، تعمل في فريق من أجل الاستخدام الأمثل لنوع - أو أكثر - من المضادات الحيوية لدى مريض، أو أكثر. |
| خاص بمستشفى (المؤسسي) | فريق واحد أو أكثر، تتولى تنسيقه في العادة لجنة. |
| المجتمعي | في العيادات الصحية الأولية، أو العيادات الفردية، أو الجماعية، أو مرافق الرعاية طويلة الأجل، أو المرافق المعنية بالصحة الحيوانية، في مزرعة واحدة، أو في مجموعات مزارع. |
| الوطني | أنشطة تتعامل مع أمور أوسع نطاقًا، مع اللجوء إلى التشريعات واللوائح؛ لتحديد إمكانية الحصول على العقاقير، وتحديد مَن يصفونها. |
| العالمي | يرتبط الأمر بالتنمية، وسيمتد هذا إلى البرامج الوطنية، للتنسيق بين البلدان، والشبكات القُطْرية والإقليمية، والأنشطة القارية. وتعمل "منظمة الصحة العالمية" على "إطار إشرافي عالمي لدعم تطوير المضادات الحيوية الجديدة، والأدوات التشخيصية، واللقاحات، والتدخلات الأخرى، والتحكم فيها، وتوزيعها، والاستخدام المناسب لها، مع ربطها بنموذج أو نماذج جديدة للبحث والتطوير". |



تُطبع المجلة بدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية




ستستفيد الجهود القوية الرامية إلى وقف انتشار مسبِّبات المرض - مثل المكورة العنقودية الذهبية المقاومة للميثيسلين - من توحيد المصطلحات.

"هاجمناها"؛ زاد احتمال تَوَقُّف الأدوار الحيوية للبكتيريا في أحشائنا ومسالكنا الهوائية، وعلى بشرتنا. فهناك قرابة 100 تريليون بكتيريا تعيش في أمعائنا وحدها، وغالبيتها تساعدنا في الحفاظ على صحتنا.

ربما كانت عبارات الحرب والتهديد فعالة في يوم من الأيام، لكننا في الوقت الحالي بحاجة إلى مفردات موحدة، وأكثر دقة واتزانًا، وتراعي التوازن البيئي.

## الأفعال أَبْلَغ من الأقوال

نظرًا إلى أن المصطلحات تتأثر بالاختلافات الجغرافية والاجتماعية، وتُستخدم بمعانٍ مختلفة بين المجالات، الأمر الذي يؤثّر على فهمها وتفسيرها، فإن هناك حاجة إلى برنامج بحثي يعمل على تحسين المعجم المستخدَم في مختلف البلدان، وبمختلف اللغات. ويمكن تنفيذ هذا البرنامج في إطار الهدف الأول لخطة العمل العالمية الحالية لمنظمة الصحة العالمية، ذلك الهدف المعنِيّ بزيادة الوعي بمقاومة العقاقير، واستيعابها، عبر التواصل الفعال، والتعليم، والتدريب. وبإمكان هذا البرنامج البحثي أن يحدد المصطلحات التي تُتداول على الصعيد العالمي، وأن يحدد ما إذا كانت الترجمة المباشرة للكلمات الإنجليزية إلى اللغات الأخرى ستوصِّل المعاني المستهدَفة، أم لا. فعلى سبيل المثال، لا تَستخدِم فرنسا مصطلح العدوى المقاوِمة للعقاقير، ولا ترجمة مقاومَة مضادات الميكروبات - résistance aux antimicrobiens - لكنها فضلت استخدام مصطلح مقاومَة المضادات الحيوية «antibiorésistance». كما يمكن لهذا البرنامج أن يستكشف كيف يفسِّر الناس - من مختلف الأطياف - هذه العبارات، وتقييم تأثير اختلاف اللغة على الفهم ومعدلات العدوى، وتحقيق تَوافُق عالمي على المصطلح العلمي الخاص بمقاوَمة العقاقير، ودمْج هذه المصطلحات في برامج التعليم العالمية، واستراتيجيات التواصل.

كان وليام شكسبير هو أُسطون المعاني المتعددة، وليس أدلّ على ذلك مما سرده على لسان جولييت، حين قالت "ما قيمة الاسم وحده ...؟" التي تبدو وكأنها قد توغلت في الطبيعة الاعتباطية للأسماء، ولكنْ نظرًا إلى خطورة ما نحن بصدده، فقد حان وقت أن نضع في حسباننا قدرة الكلمات على تغيير مسار الأحداث. إنه درسٌ ينبغي أن يعيه مَن يحاولون مِنّا نشر توعية بهذه الأزمة. ■

يشغل **مارك مندلسون** منصب أستاذ الأمراض المعدية، ورئيس شعبة الأمراض المعدية وعلاج فيروس نقص المناعة البشرية في مستشفى جروت شور، التابعة لجامعة كيب تاون، جنوب أفريقيا. وتشغل **مانيكا بالاسيجارام** منصب مدير المشارَكة العالمية للبحوث والتطوير في المضادات الحيوية، ومبادرة عقاقير الأمراض المهمَلة بجنيف، سويسرا. أما **تيم جينكس**، فهو رئيس برنامج العدوى المقاوِمة للعقاقير في «ويلْكَم تراسْت» في لندن، المملكة المتحدة. وتشغل **سيلين بولسيني** منصب أستاذ الأمراض المعدية في مستشفى جامعة نانسي، وتقود فريقًا بحثيًّا في جامعة لورين (EA 4360 APEMAC) في نانسي، فرنسا. أما **مايك شارلاند**، فهو أستاذ الأمراض المعدية لدى الأطفال في «معهد العدوى والمناعة»، التابع لمستشفى سانت جورج في جامعة لندن، المملكة المتحدة.

البريد الإلكتروني: marc.mendelson@uct.ac.za

1. UN News Centre. ‘UN announces interagency group to coordinate global fight against antimicrobial resistance’ (2017); available at http://go.nature.com/2pcqx28
2. World Health Organization *Antibiotic Resistance: Multi-Country Public Awareness Survey* (WHO, 2015); available at http://go.nature.com/2ptdypm
3. Wellcome Trust *Exploring the Consumer Perspective on Antimicrobial Resistance* (Wellcome Trust, 2015); available at http://go.nature.com/2pkwcbw
4. The Review on Antimicrobial Resistance *Tackling Drug-resistant Infections Globally: Final Report and Recommendations* (HM Government/Wellcome Trust, 2016); available at http://go.nature.com/2oj9uan
5. Lineman, M., Do, Y., Kim, J. Y. & Joo, G.-J. *PLoS ONE* **10,** e0138996 (2015).
6. Leiserowitz, A. *et al. What’s In A Name? Global Warming Versus Climate Change* (Yale Project on Climate Change Communication/George Mason University Center for Climate Change Communication, 2014); available at http://go.nature.com/2pubszd
7. Viet Nam News ‘Campaign launched against secondhand smoke’ (2016); available at http://go.nature.com/2oqotcb

عامل يقوم بفحص جهاز في مقياس تداخل موجات الجاذبية الكبير في ليفينجستون في لويزيانا.

LIGO

الفيزياء

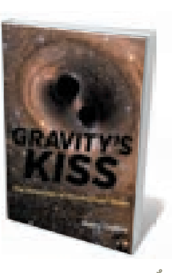
# صائدو الموجات

يشِيد **دافيديه كاستيلفيكي** بقصة من وراء كواليس اكتشاف موجات الجاذبية.

ما هو تعريف الاكتشاف؟ أهو اللحظة التي تسجِّل فيها الأجهزة بعض البيانات المتفرقة الكاشفة عن شيء ما؟ أم أنه اللحظة التي يدقِّق فيها الباحثون في إحصائياتهم؟ أم أنه ربما يكون هو اللحظة التي يتمكن فيها الباحثون من إقناع الأقران المراجعين بأن بَحْثهم يستحق النشر؟ ولكنْ في أي مرحلة يدرك المكتشفون لحظة اكتشافهم تلك؟

ربما لم تكن هناك أي حالة سابقة في التاريخ الحديث توضح أجوبة لتلك الأسئلة بشكل أضخم من الاكتشاف التاريخي الأول لموجات الجاذبية (gravitational waves)، باستخدام مرصد قياس تداخل موجات الجاذبية بالليزر «ليجو» LIGO؛ وهو الاكتشاف الذي تم الإعلان عنه في يوم 11 من شهر فبراير 2016. في كتاب «قُبلة الجاذبية» *Gravity's Kiss*، الذي نُشر في الذكرى السنوية الأولى لهذا الاكتشاف العظيم، قام هاري كولنز - وهو باحث اجتماعي في مجال العلوم - بتحليل عملية الاكتشاف الفريدة هذه.

قام كولنز، الذي ظل "منغرسًا" بشكل رسمي في مرصد «ليجو» لمدة 43 عامًا، بكتابة ثلاثة كتب سابقة عن الاكتشاف (M. de Laet *Nature* **501**, 164–165; 2013). أما كتاب «قُبلة الجاذبية»، فهو منظَّم على هيئة تدوينات أسبوعية، تغطي الأشهر الخمسة مِن لحظة الكشف، حتى الإعلان عنه، وتمت كتابة جزء منه، بينما كانت الأحداث تتكشَّف. كان كولنز يطّلع على النقاشات الداخلية المتعلقة بالتجربة، بدءًا من رسالة أُرسلت عبر البريد الإلكتروني في صباح يوم 14 من شهر سبتمبر 2015، أشارت إلى صدور إشارة دالة على التقاط بيانات من كاشفي مرصد «ليجو» العملاقين، في ولايتي لويزيانا، وواشنطن. لم يتم الكشف عن كثير من التفاصيل على الملأ حتى الآن، ومن ضمنها مجموعة ثرية واستثنائية من الاتصالات التي تمت. ورغم أن هناك عدة كتب منشورة حول عمليات تطوير مرصد «ليجو»، منها كتاب جنا ليفن «موسيقى البلوز للثقوب السوداء، وأغان أخرى من الفضاء الخارجي» *Black Hole Blues and Other Songs from Outer Space* (Alfred Knopf, 2016; S. Rowan *Nature* **532**, 28–29; 2016)، إلا أن هذا هو المجلد الأول الذي يغطي هذا الاكتشاف المثير.




**قُبلة الجاذبية: اكتشاف موجات الجاذبية**
هاري كولنز
إم. آي. تي. برس: 2017

إنّ التعاون الخاص ببحوث موجات الجاذبية يتضمن ما يزيد على ألف باحث، منهم هؤلاء الموجودون في مرصدي «ليجو»، ومقياس التداخل «فيرجو» Virgo بالقرب من بيزا في إيطاليا؛ إذ يَجْمَع الباحثون البيانات من التجربتين، وينشرون النتائج معًا، لكنْ بعد رصد الموجات، تعرضت التجربة لضغوط لا تُصَدَّق، فقبل 100 عام تقريبًا، كان ألبرت آينشتاين قد تنبأ بوجود موجات الجاذبية؛ إلا أن الكشفين السابقين المزمعين اتضح أنهما كانا كاذبين، حيث ظهر الأول في أواخر الستينات، بينما صدر الآخر في عام 2014 (انظر: *Nature* http://doi.org/bxhn; 2015). وإضافة إلى ذلك، شَكَّك كثيرون في مقدرة مرصدي «ليجو»، و»فيرجو» - المقدَّرة تكلفة بنائهما الإجمالية بما يقرب من مليار دولار أمريكي - على عزل الإشارات التي لا بد أن تكون ضعيفة بشكل ملحوظ، عن ضوضاء البيئة المحيطة. أراد أفراد الفريق أن تكون أدلَّتهم قاطعة، قبل الإعلان عن مزاعم باكتشاف ما، لأن الإخفاق كان من الممكن أن يصبح تأثيره كارثيًّا على المسيرات المهنية للمشاركين، وعلى هذا المجال ككل.

وقد عززت عوامل أخرى من الأزمة.. أحدها عامل الوقت. ووصلت الإشارة في أثناء "تشغيل فني"، حيث كان مرصد «ليجو» – الذي أُغلق لمدة خمس سنوات – تحت الاختبار، وكان من المقرر إعادة تشغيله في غضون أيام. ومن ثم، فإن الإشارة التي بدا أنها تكشف الـ0.2 ثانية الأخيرة من الاندماج العنيف لثقبين أسودين متباعدين، بدت صدفة خارقة للطبيعة.

بعد أقل من أسبوعين من الاكتشاف، وقع حدث آخر، زاد من الضغط الواقع على التجربة. كان من المفترض أن يتم العمل على التدقيق في النتيجة، وتجهيزها للنشر – الذي استغرق شهورًا – في سرية، لكن في يوم 25 من شهر سبتمبر، قام عالِم في مجال علوم الكون، وهو لورينس كراوس - الذي لم يكن جزءًا من مشروع التعاون - بنشر تغريدة على موقع التواصل الاجتماعي «تويتر»، قائلًا فيها: "هناك إشاعات حول اكتشاف موجات للجاذبية في مرصد «ليجو».



تُطبع المجلة بدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية

إنه لأمر مدهش إذا كانت الإشاعات صحيحة. سوف أنشر التفاصيل، إذا ثبتت صحتها". وسرعان ما بدأ الصحفيون بإجراء الاتصالات (انظر: Nature http://doi.org/bxhp; 2015). أراد الإعلام والجمهور معرفة ما إذا كانت الإشاعات صحيحة، أم لا، بيد أن ذلك السؤال كان يمكن تأويله بأكثر من طريقة، وقد يكون له أكثر من إجابة. فهل كانت مصادر كراوس موثوقة؟ ربما، وحتى إنْ كانت كذلك، فهل يعني ذلك أن محتوى تلك المزاعم صحيح؟ وماذا يعني قول "لقد اكتشفوا موجات للجاذبية"، من دون ذِكْر السياق؟

إن حدوث تسريب يعني عدم الاستعداد للإعلان عن النتيجة؛ فعادة لا تذكر الإشاعات شيئًا عن معدلات الخطأ، أو احتمالات «بايز» القَبلية. والسؤال الحقيقي في النهاية هو: هل كان يعلم الباحثون ما إذا كانت البيانات حقيقية، أم لا؟ عندما نشر كراوس تغريدته، كانت الإجابة آنذاك أن "الأمر معقد"، كما يقول كولنز. انبثقت موجات الجاذبية من بين ضوضاء الخلفية بشكل واضح، إلى درجة إمكانية النظر إليها عن قرب، أي يتم الكشف عنها، من دون الحاجة إلى تحليلات معقدة. ومع ذلك، دعا كثيرون من أعضاء التعاون إلى توخّي الحذر؛ فمن السهل جدًّا أن ترى ما تريد أن تراه، دون الحقيقة.

إن اللحظة التي يمكن اعتبارها أقرب ما يكون إلى لحظة اكتشاف مهمة، حسب رواية كولنز، حدثت في الخامس من شهر أكتوبر. وبحلول هذا الوقت، كانت أجهزة قياس التداخل قد سجلت كمية من الضوضاء، كافية ليقوم الفريق بتقدير مستوى الثقة في النتائج بشكل جيد. أدرك الباحثون أنهم لن يعانوا كثيرًا لإقناع المجتمع العلمي بقبول نتائجهم، فقد كانوا يملكون نتائج حاسمة. ومع ذلك.. لحين موعد الإعلان الرسمي في شهر فبراير (بعد مراجعة الورقة البحثية من قبل الأقران؛ B. P. Abbott *et al*. *Phys*. *Rev*. *Lett*. **116**, 061102; 2016)، كان ردهم الرسمي على تساؤلات الإعلام بأنه ليس بإمكانهم التعليق، وأنهم يعملون على تحليل البيانات.

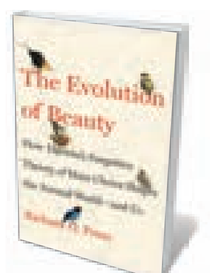
من وجهة نظر كولنز، كان ذلك الجزء من الأحداث مضللًا إلى الحد الذي يمكن معه اعتباره غير أخلاقي. كانت فرضيته تكمن في أن العلم ينبغي أن يكون بمثابة نموذج للأمانة والنزاهة بالنسبة إلى المجتمع، ولذلك.. لا بد من تجنُّب السِّرِّيَّة فيه بقدر الإمكان، لكني أجد ذلك الرأي قاسيًا جدًّا.. فبصِفَتي صحافيًّا يغطي أخبار موجات الجاذبية (وكنت غالبًا ما أزعج كولنز، كما أشار هو في كتابه)، كنت أعلم أن ثمة أشياء كان من الأفضل لأفراد الفريق ألا يخبروني بها. كما أن تغطية الشائعات أمر ممتع للغاية.

وإضافة إلى ذلك، فإن السِّرِّيَّة التي اكتنفت هذا الاكتشاف من شأنها أن تؤدي إلى شفافية أكبر على المدى البعيد. لقد فتح مرصد «ليجو» نافذة جديدة على الكون، فمجتمع باحثي موجات الجاذبية يستعد لمشاركة البيانات المتفرقة، والكشف عن النتائج تقريبًا في الحال. وسيصبح الكشف عن عمليات اندماج الثقوب السوداء أمرًا روتينيًّا، كما يمكن لمجموعة من الظواهر الأخرى أن تعلن عن نفسها من خلال تموجات الجاذبية.

والآن، في ظل عصر السياسيين الأقوياء، والاستبداد الصريح، تُعَدّ هذه الدعوة الحماسية إلى "منارة القيم" ذات أهمية أكبر من أي وقت مضى. "نحن في حاجة ماسة إلى العِلْم؛ كي ننقذ الديمقراطية من الجشع"، هكذا كتب كولنز. وأضاف: "إننا نحتاج ذلك أكثر، حتى من حاجتنا إلى عِلْم الفلك المعنِيّ بموجات الجاذبية". ■

**دافيديه كاستيلفيكي** مراسل صحفي متمرس في مجال العلوم الطبيعية بدورية *Nature*.

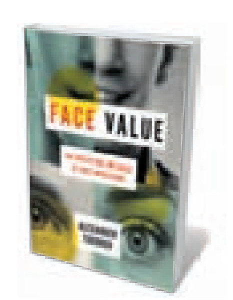
# ملخصات كتب




## تطوُّر الجَمال

ريتشارد أو. بروم، دابلداي (2017)

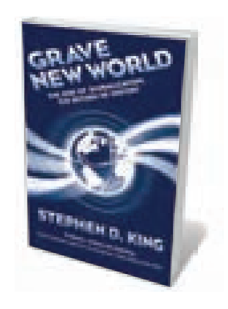
أطلق عليها تشارلز داروين اسم "تذوق الجمال"، ولكن نظرية الانتخاب الجنسي (أي المنافسة الإنجابية، المتمحورة حول الريش القزحي، على سبيل المثال) صارت محل نقاش محتدم. في هذه الدراسة، يسعى عالم الطيور ريتشارد بروم إلى إعادة دمج تلك القضية في الإرث الدارويني العظيم. ينجذب بروم إلى أبحاث الحياة الجنسية "العنيفة بشكل صادم" لطيور البط التي تأخذه بعيدًا عن أبحاثه عن طائر الماناكن ذهبي الرأس «صاحب مشية القمر» (*Ceratopipra erythrocephala*) - المتوطن في سورينام، ليبني فرضيته القائلة إنّ الجمال والرغبة قد تطورا بالتوازي، وإنه نظرًا إلى أن الأفراد يمكنهم اتخاذ قرارات تزاوُج غير تكيفية، فإن منحى التطور يصبح أكثر غرابة مِن أن يفسِّره التكيُّف.




## قيمة الوجه: التأثير الذي لا يقاوَم للانطباعات الأولى

ألكسندر تودوروف، مطبعة جامعة برينستون (2017)

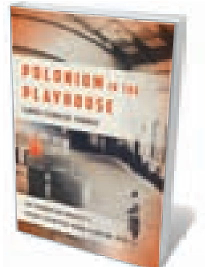
الانطباعات الأولى والأحكام المتسرعة ليست بالأمر الهين، فمن الممكن أن تَقلِب دفة الانتخابات، وأن تصنع مستقبلًا وظيفيًّا، أو تهدمه. تغوص هذه الدراسة القيمة المعززة بالصور، التي كتبها عالِم النفس ألكسندر تودوروف استنادًا إلى علم الإدراك، وعلوم الحاسب في الأعماق بغية اكتشاف كيف أن "قراءة الوجوه" - كما الحال في العلم الزائف القديم المعروف باسم "الفراسة" - قد أفسحت المجال أمام الفهم العلمي للتحيز الإدراكي في مقابل المظهر. يميط تودوروف اللثام عن استجابات المواليد الجدد لمسألة "التعرف على الوجوه"، وعن البحث الجاري عن الخلايا العصبية الانتقائية للوجوه، والبورتريهات التي ترسمها الفنانة سيندي شيرمان لنفسها وهي تتقلد مختلف الشخصيات كالحرباء، وغير ذلك الكثير.




## عالَم جديد خطير: نهاية العولمة، وعودة الماضي

ستيفن دي. كينج، مطبعة جامعة ييل (2017)

بينما تتغير علاقات التعاون بين الدول القومية، فإن سبعة عقود من العولمة الحديثة، يمكن أن تذهب أدراج الريح. هذه هي وجهة النظر التي يتبناها عالِم الاقتصاد ستيفن كينج في هذه الدراسة المتعمقة، التي تبحر في النظام العالمي الجديد، في ضوء النظام القديم، منذ عهد الامبراطورية العثمانية، حتى توحيد ألمانيا. يحلِّل كينج الآثار الاقتصادية المترتبة على بعض القضايا، مثل الهجرة، والسمعة المتأرجحة للمؤسسات الدولية، ويلقي نظرة نقدية على الاتجاهات التكنوقراطية، ويؤكد أنه مع صعود الصين المطرد، وتزايد تفكُّك المشهد الجيوسياسي، فإن "العولمة قد صارت لقمة سائغة لمن يشتهيها".






## البولونيوم في الملعب

ليندا كاريك توماس، ترييليوم (2017)

كيف أصبح ملعب تنس مغطى في ديتون بولاية أوهايو عنصرًا محوريًّا في بناء أول قنبلة ذرية؟ تؤرخ الصحفية ليندا كاريك توماس لذلك الحدث، موضِّحة كيف أنه في أربعينيات القرن العشرين، وقع اختيار الكيميائي تشارلز ألين توماس (جد المؤلفة) على الملعب، ليكون منشأة سرية لمعالجة البولونيوم لمشروع مانهاتن، بينما كان يخطط لعمليات البلوتونيوم عبر المواقع الكثيرة للمشروع. يتميز الكتاب بثراء التفاصيل العلمية، والمعلومات العرضية، مثل ما يرويه الكيميائي، بوصفه شاهد عيان على «اختبار ترينيتي»، الذي أُجري في عام 1945، وقصة العالِم الجاسوس جورج كوفال، الذي مَكَّن السوفيتّ - بفضل التسريبات التي نقلها إليهم من ديتون - من بناء قنبلتهم الأولى في فترة ما بعد الحرب.




## اعترافات: دهر في جراحة الأعصاب

هنري مارش، وايدِنفِلد آند نيكلسون (2017)

تشير مسألة اتجاه عدد كبير من الأطباء إلى كتابة مذكراتهم في الوقت الراهن إلى الإقبال الهائل على بَوْح الخبراء بمكنوناتهم. وليس هذا بالأمر السيئ، نظرًا إلى مدى فصاحة وبلاغة كثير من هؤلاء الأطباء. يأتي الطبيب هنري مارش - الذي عمل جَرَّاح أعصاب على مدار 30 عامًا - في الصفوف الأمامية. يحلق هذا الكتاب الرصين (وهو الكتاب الثاني للكاتب، بعد كتابه "لا ضرر" *Do No Harm*، وايدِنفِلد آند نيكلسون، (2014) - الذي يقدم فيه مارش صورة للتقاعد، وللعمل بالجراحة في نيبال وأوكرانيا - بالرؤى الثاقبة، ليس فقط بشأن العلاقة المحفوفة بالمخاطر، ما بين المشرط والدماغ، وإنما أيضًا حول تعقيدات التقدُّم في السن، والمتع ذات الصلة بتربية النحل، وزراعة الأشجار، والنجارة. **باربرا كايسر**

KENT KOBERSTEEN/NATIONAL GEOGRAPHIC CREATIVE

توربينات الرياح بالقرب من مدينة بالم سبرينجز، كاليفورنيا.

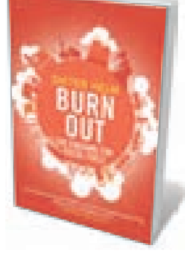
طاقة

# مسح لأفق الطاقة

**مايكل جروب** يجد نطاقات أوسع في دراسة ديتر هيلم عن زوال النفط، وأكثر منها عمقًا.

يعود من جديد ديتر هيلم - وهو أحد المعلِّقين الأكثر جرأةً وتأثيرًا في مجال الطاقة - بكتابه المعنون «احتراق» *Burn Out*، حاملًا في طياته رؤية عظيمة وواسعة النطاق لثورة الطاقة. يسخر هيلم من "مناصري ذروة إنتاج النفط"، الذين يعتقدون أن تقلص موارد الوقود الأحفوري سيدفع التحول نحو موارد الطاقة المتجددة. مِن المفترض لأطروحته البديلة أن تدفع المتنبئين ليرجعوا سريعًا إلى نماذجهم، كما أنها ستُحْدِث هزة في تقييمات أصول شركات صناعات الطاقة الراسخة.

يبني هيلم وجهة نظره الأساسية على فكرة أن هناك ثلاث "مفاجآت متوقعة" ستُحْدِث ثورة في مفهوم الطاقة خلال القرن الواحد والعشرين. فقد وَلَّت - من دون رجعة - مرحلة طفرة السلع، أو "الدورة الفائقة" - التي سادت خلال الخمس عشرة سنة الماضية. وسيزداد الضغط للتخلص من انبعاثات الكربون في مواجهة الأدلة الدامغة على تغيُّر المناخ. كما سيزدهر الابتكار التكنولوجي، مع هيمنة الكهرباء المولَّدة بالطاقة الشمسية على إمدادات الطاقة. ويكمن إسهام الكتاب الأكبر في دمج هذه القوى الثلاث الكبرى، واستكشاف الآثار الجغرافية السياسية والصناعية المترتبة عليها.




**احتراق: نهاية الوقود الأحفوري**
ديتر هيلم
مطبعة جامعة ييل: 2017

في البداية، ينتقد هيلم الحكمة التقليدية للدورة الفائقة، ويخلص في الأساس إلى أن أسعار النفط "المعادة معايرتها" قد تستمر في التراجع. تقدَّمَت تقنيات استخراج الغاز الصخري - على وجه الخصوص - بشكل كبير وسريع، حتى إنها تفتح موردًا عالميًّا جديدًا، إلا أن الطلب عليها قد يتقلص. وحسب توقعات الطاقة العالمية لعام 2016، الصادرة عن وكالة الطاقة الدولية، فإن أسعار النفط ستعاود الارتفاع مرة أخرى إلى 78-145 دولارًا أمريكيًّا للبرميل بحلول عام 2040. ويَفترِض هيلم أن يصل السعر إلى 40-60 دولارًا للبرميل فقط على المدى الطويل.

وهكذا، فإن مشكلة الطاقة ليست في ذروة النفط، بل ذروة الكربون، وهي "المفاجأة المتوقعة" التالية. وهنا، يركز هيلم على الهوة بين الأهداف المناخية، والتوقعات الصناعية، إذ يشير إلى أن علم المناخ وآثار التغير المناخي سيشدِّدان القيود السياسية بشكل بطيء. ويمكن للمرء بالكاد أن يشك في مدى استقلالية فكره، عندما يقول إنّ "حدوث احترار - في أوروبا - بنسبة تصل إلى درجتين مئويتين سيلحق - في الغالب - ضررًا ضئيلًا بالاقتصادات الرئيسة. وفي النهاية، كل الرهانات مخطئة".

ويتضمن رأيه حول سياسة المناخ بعض التناقضات المزعجة، إذ يقول إن الصناعة ما زالت لا تواجه مسألة السيطرة على كميات الكربون. ومع ذلك.. فهو يوجِّه انتقادًا لاذعًا للسياسات المناخية السابقة. وفي مواضع أخرى في الكتاب، يعترف هيلم أن السياسات نفسها كان لها تأثير كبير على مجال صناعة الفحم، وعلى توليد الطاقة.

كما أنه يؤيد تأييدًا قاطعًا فرْض رسوم على انبعاثات ثاني أكسيد الكربون، بينما ينتقد بشدة بروتوكول «كيوتو» لعام 1997، الذي يستهدف تحديد سقف وسعر ثاني أكسيد الكربون في العالم الصناعي. ويتجاهل هيلم الإشارة إلى أن جميع البلدان التي بقيت في الاتفاق بعد انسحاب الولايات المتحدة وكندا امتثلت لالتزاماتها، وحقق معظمهم انخفاضات كبيرة في الانبعاثات. أما



تُطبع المجلة بدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية

اتفاق باريس لعام 2015، الخاص بالمناخ، فيراه "سياسة جيدة"، لأنه توصل إلى اتفاق عالمي، لكنه "اقتصاد سيئ"، لأنه - على ما يبدو - لا يشمل التزامات بالحدود المحلية للانبعاثات، ولا الأدوات المستخدَمة، ولا الأسعار.

واحتلت التكنولوجيا - وهي المفاجأة الثالثة - مكان الصدارة في الكتاب. ويرى هيلم أن الابتكارات في قطاع الطاقة، بدءًا من الجيل القادم من موارد الطاقة المتجددة، حتى الروبوتات، «مستمرة، ولا يمكن إيقافها» (انظر أيضًا: M. Grubb *Nature* **520**, 614–615; 2015). وكخبير اقتصادي، يقرّ هيلم بأنه محايد تجاه التكنولوجيا. وعمليًّا، تتلخص رؤيته في "كهربة" كل شيء تقريبًا. وبمرور الوقت، أضحى هيلم أكثر تشككًا فيما يتعلق بالطاقة النووية واحتجاز الكربون، قائلًا إنّ "مستقبل الكهرباء سيكون - على الأرجح - شمسيًّا، لكن ليس بالشكل الذي نعرفه".

**«يعيش عالَم الطاقة الآن حالة ثورة، وتصاحبه آثار سيتردد صداها خلال القرن الحالي».**

ومرة أخرى، يأتي الاتساع الهائل للتحليل أكثر إثارة للإعجاب عن مدى عمقه. ويتجاهل هليم الحقائق المرتبطة بالمواسم، لا سيما في المناطق ذات المناخ المعتدل. فكثافة الطاقة الشمسية في أحد فصول الشتاء في المملكة المتحدة - على سبيل المثال - تبلغ عُشر كثافتها في فصل الصيف، بيد أن الطلب على الكهرباء أعلى بنسبة 20%. والأسوأ من ذلك.. أن الطلب على الطاقة في فصل الشتاء لأغراض التدفئة المنزلية – المعتمِد في معظمه على الغاز – يبلغ أربعة أضعاف الطلب على الكهرباء على المستوى المحلي. ويتطلب استخدام الكهرباء للتدفئة تغييرًا كاملًا لشبكة الكهرباء، إلى جانب أن كميات هائلة من طاقة التوليد الجديدة ستكون مطلوبة لتغطية احتياجات جزء من السنة. وإضافة إلى ذلك، يتعذَّر عمليًّا تخزين الطاقة في البطاريات من فصل الصيف إلى فصل الشتاء، بسبب الحاجة إلى تخزين ما لا يقل عن 100 ضعف كمية الطاقة الموجودة في الدورة اليومية، مع بيع معظمها سنويًّا فقط.

أما الرياح، فتُقَدِّم - على النقيض من ذلك - حلًّا مناسبًا للطلب الموسمي على الطاقة. فعلى الصعيد العالمي، وصلت قدرة الطاقة المولَّدة من الرياح إلى ما يقرب من 500 جيجاوات – أي نصف قدرة توليد الكهرباء في الاتحاد الأوروبي بأكمله – بلا تأثير يُذكر على الموارد العالمية. وقد يجعل الاعتراف بإمكانيات الرياح والتكامل مع الطاقة الشمسية أطروحة هيلم في مجملها أكثر مصداقية من الناحية العلمية. ولأسباب مجهولة، فهو يعيد ببساطة تكرار شكوكه القديمة، مؤكدًا أن الرياح "تسهم إسهامًا ضئيلًا على النطاق الأوسع".

يتجنب هيلم ذِكر مراجع مفصلة وتعليقات ختامية، معلنًا أنه يريد من القراء "أن يفكروا على المدى الأطول وبشكل عام"، لكن في بعض المجالات، يكون التبسيط مسألة مهمة. ولكونه كتابًا يركز بشكل أساسي على الحلول التكنولوجية، فهو يتجاهل تعقيدات آليات الابتكار والانتشار، ويتناول – باختصار - مدى انخراط الحكومة في كل الصناعات الناشئة تقريبًا، ويتجاهل الكم الهائل من المنشورات التي تدور حول "وادي الموت التكنولوجي"، حيث كثيرًا ما فشلت الاستثمارات بالمليارات في أبحاث وتطوير الطاقة في إيصال الصناعات التجارية إلى نطاق واسع. وبالطبع، استفادت التكاليف المنخفضة جدًّا لاستخدام الشمس والرياح - التي يشهدها العالَم اليوم - من الأبحاث المجراة، لكنْ يمكن أن يُعزى ذلك بشكل مباشر أكثر إلى سياسات التوزيع في أوروبا، والولايات المتحدة، والصين، التي زادت الطلب، ووسعت النطاق. كما يتجاهل هيلم أيضًا الاعتمادات المتبادلة الأخرى، حيث ستطارد الشركاتُ التقنيات الجديدة بشكل أكثر قسوة عندما يكون السوق كبيرًا، كما هو الحال الآن.

وبالنسبة إلى هيلم، فأوروبا دائمًا على خطأ، ففي رأيه أنّ نظام الاتحاد الأوروبي لتبادل الانبعاثات - لوضع سقف وسعر لغاز ثاني أكسيد الكربون – يُعَدّ نظامًا فاشلاً، إلى جانب سياساته المتعلقة بالطاقة المتجددة، لكن من المؤكَّد أنّ وجود بعض الأسعار والسياسات المتعلقة بالكربون، لبناء صناعات ذات انبعاثات كربون منخفضة، هو أفضل من عدم وجود أي منهما، أليس كذلك؟ وهو يؤكد أن انخفاض الانبعاثات في الولايات المتحدة على مدى العقد الماضي، حيث حَلَّ الغاز الصخري محل الفحم، يجعل أوروبا "تبدو حمقاء"، رغم أن كمية الانبعاثات للفرد الواحد في الولايات المتحدة لا تزال 2.5 ضعف مثيلاتها في الاتحاد الأوروبي. وقد وَجَّه انتقادًا شديدًا لخطة ألمانيا لتحوُّل الطاقة، التي تركز على الكفاءة، وعلى المصادر المتجددة، إلا أن أطروحته في المجمل تدلّ على أن هناك استراتيجية مماثلة – تُعَدّ بالفعل أرخص كثيرًا، بفضل التقدم المحرَز بها - تنتشر عالميًّا الآن.

والأكثر إثارة للاهتمام أنّ الكِتاب يقدم مناقشة شاملة للتبعات الجغرافية السياسية لتحول الطاقة، حيث إنّ كل فصل من الفصول المتعلقة بالولايات المتحدة، والشرق الأوسط، وروسيا، والصين، وأوروبا، يستعرض كيف تداخلت الطاقة في تاريخ كل منطقة أو دولة. يُبْرِز هيلم دولة الصين في دور الشرير؛ ويُرْجِع السبب في ذلك جزئيًّا إلى الانبعاثات الصادرة منها، لكنه يقرّ بجهودها المتنامية لمعالجة الأمر. فهو يرى تحوُّلًا اقتصاديًّا صعبًا هناك، بسبب عدم مَنْح تكنولوجيا التصنيع الجديدة أي ميزة نسبية طبيعية.

كما يشير إلى أن روسيا قد تواجه صعوبات، بعد تحقيقها استفادة كبيرة من زيادة في أسعار النفط والغاز خلال عقد من الزمن. ورغم قوله إن الغاز الطبيعي له دور محوري في عملية التحول، فإنه يساوره الشك حيال نية الدولة في تنويع مسارات تصدير الغاز، من خلال بناء المزيد من خطوط الأنابيب. أما نظرته إلى منطقة الشرق الأوسط، فهي الأكثر مدعاة للقلق. فمع انهيار أسعار النفط، يتوقع هيلم أن تزداد الاضطرابات الحالية في المنطقة سوءًا، في حين لم تَعُد الأنظمة اليائسة قادرة على شراء ذمم السخط المحلي.

وفي نظرة عامة مماثلة، يستعرض هيلم الآثار المترتبة على الشركات وهياكل السوق، إذ يشير إلى أن نسبة احتياطيات النفط في باطن الأرض - نسبةً إلى الإنتاج السنوي، حيث استخدمها المستثمرون لفترة طويلة كمقياس لقيمة الأصول - سوف تكون زائدة عن الحاجة. وبشكل مستفز، يَنظر إلى بعض القادة السياسيين، مثل الرئيس الروسي فلاديمير بوتين، والعاهل السعودي الملك سلمان، باعتبارهم اللاعبين الوحيدين من ناحية الإمداد، الذين - بشكل منطقي - قد لا يستثمرون في الوقود الأحفوري. وأخيرًا، يتناول هيلم مدى احتمال قيام مجالات الكهرباء بإعادة هيكلة نفسها؛ لاستيعاب الهيمنة المتزايدة للمصادر المتجددة، وغيرها من المصادر منخفضة الكربون، التي قد تصبح رخيصة جدًّا لدرجة يصعب تقييد استخدامها. وفي هذه الحالة، يرى هيلم أن صناعات الوقود الأحفوري سوف تشهد عملية "موت بطيء".

إنّ الصدمات الاقتصادية والسياسية التي نواجهها منذ عام 2008 جعلت الكثير منا يحدق في الماضي، لمحاولة قراءة ما بين السطور. يعيش عالَم الطاقة الآن حالة ثورة، وتصاحبه آثار سوف يتردد صداها خلال القرن الحالي. أمّا كتاب «احتراق»، فهو من أوائل الكتب التي تقدم نظرة واسعة حول أسباب، وكيفية حدوث ذلك. ■

**مايكل جروب** أستاذ في سياسات تغيُّر المناخ والطاقة الدولية في معهد الموارد المستدامة بكلية لندن الجامعية، ورئيس فريق المملكة المتحدة، المكوَّن من خبراء فنيين معنيين بإصلاح سوق إنتاج الكهرباء.
البريد الإلكتروني: m.grubb@ucl.ac.uk


ALEXANDER ZEMLIANICHENKO JR./BLOOMBERG VIA GETTY

**خطوط أنابيب الغاز في روسيا، حيث استفاد الاقتصاد من ارتفاع أسعار الوقود الأحفوري.**


تُطبع المجلة بدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية

علم الأعصاب

# مخـــاطـــر قـــراءة المـــخ

يقَيِّم **راسل بولدراك** واحدًا من أوائل الكتب حول الآثار المترتبة على التقدُّم في تصوير الدماغ.

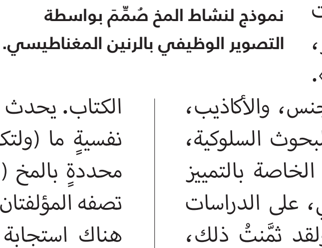
منذ ظهورِه أولَ مرةٍ عام 1992، أحدَثَ التصوير الوظيفيُّ بالرنين المغناطيسي (fMRI) ثورةً في قدرتنا على رؤية المخ البشري في أثناء عمله، وعلى فَهْم العمليات التي تقف وراء الوظائف العقلية، مثل صناعة القرار. ومع نمو تقنيات تصوير المخ لتصبح أكثر قوة، امتد تأثيرُها من المعمل إلى العالم الحقيقي. في كتابهما «الجنس والأكاذيب وتصوير المخ» *Sex, Lies, and Brain Scans*، تقدم باربرا سَهاكيان، المتخصصة في علم النفس العصبي الإكلينيكي، وعالمةُ الأعصاب جوليا جوتوالد، وَقْفَةً مع بعض الطرق التي بدأ التصوير العصبي يؤثر بها على رؤيتنا للسلوك البشري وللمجتمع. وتُوازِنُ مناقشةُ المؤلفتَين بين حماسٍ مُستحَقٍّ لتقنية fMRI وتقديرٍ واعٍ لحدودها ومخاطرها.

بعد المقدمةً الضرورية لشرح تقنية fMRI، التي تعتمد على قياس أكسجة الدم الوارد إلى المخ لتصوير النشاط العصبي، تتناول سهاكيان وجوتوالد سؤالًا مركزيًّا في مجال التصوير العصبي، وهو: هل تستطيع هذه التقنية قراءة الأفكار؟ تعتمد الإجابة إلى حد بعيد على تعريف المرء لقراءة الأفكار. ومثلما تُوجِزُ المؤلفتان، فقد جرى في السنوات الأخيرة استخدام المعلومات المأخوذة بواسطة fMRI في فك شفرة محتوى الأفكار (مثل الكلمات التي يراها أحد المشاركين في الدراسة) والحالات العقلية (مثل نِيَّةِ شخصٍ القيامَ بإجراءٍ ما)، حتى في أثناء النوم. حتى الآن، لا تكفي هذه الطرق لتمكين الباحثين من فك شفرة «لغة الأفكار»، وهي المقصودة ضمنيًّا بقراءة الأفكار، عند الكثيرين. ولكن في ظل الاستخدام المتنامي للطرق المتقدمة لِتَعَلُّمِ الآلة - مثل الشبكات العصبية العميقة - في تحليل البيانات الخاصة بالتصوير العصبي، قد يكون ذلك الأمر مسألة وقت فقط.

وُفِّقت المؤلفتان في تسليط الضوء على الحاجة إلى مناقشةٍ أعمق للاستخدام الأخلاقيِّ للتصوير العصبي، ففيما يتعلق بالنظر إلى تقنية fMRI على أنها أداة لكشف الكَذِب، تشير المؤلفتان إلى أن عيوب التقنية (المتمثلة تحديدًا في غياب درجةٍ يُعتد بها من الدِّقَّة) أبقَتْها حتى الآن خارج المحاكم الجنائية. وتشرح المؤلفتان بإيجاز شبكة المخ المستخدَمة في الأحكام الأخلاقية، وكيف يمكن أن تتعرض للتشوُّش في حالات مثل حالة المرض العقلي (C. L. Harenski *et al*. *J. Abnorm. Psychol*. **119**, 863-874; 2010). ونظرًا لأنه ليس كل الأفراد المصابين بهذه الأمراض يرتكب أفعالًا إجرامية، تخلص المؤلفتان إلى أن التصوير العصبي يُحتمَل أن يكون وسيلةً غيرَ صالحة للتنبؤ بالسلوك الإجرامي. أما مجال بحوث «التسويق العصبي» الآخذ في الظهور فيثير بعض المخاوف أيضًا. واستنادًا إلى بحوث مثل دراسة «الكوكا مقابل البيبسي» (S. M. Mcclure *et al*. *Neuron* **44**, 379-387; 2004)، التي تُبَيِّن أن نشاط المخ يكشف عن تفضيلات المستهلكين من البضائع، تطالب سهاكيان وجوتوالد بقوانين تنظيمية أقوى، للحيلولةِ دون إساءة استخدام هذه التكنولوجيا.

الجنس والأكاذيب وتصوير المخ: كيف تكشف تقنية fMRI عما يجري حقيقة في عقولنا
باربارا جيه. سَهاكيان، وجوليا جوتوالد
مطبعة جامعة أوكسفورد: 2017.

تناقش المؤلفتان واحدةً من المشكلات الأساسية في تفكير العامة بشأن علم الأعصاب – تلك التي غالبًا ما أسميها "الثنائية الشعبية"؛ وهي الفكرة القائلة بأن هناك اختلافًا على نحو ما (وهو الأمر الحاسم في التطبيق القانوني للتصوير العصبي) بين المخ والعقل، وهو اختلاف وثيق الصلة بفهم أفعال البشر. وفي انتقاد لهذه الثنائية تقول المؤلفتان: "إن قولك أن 'مخي جعلني أفعل ذلك!' ليس له معنى، وهو شبيه بقولك إن جيه. كيه. رولينج أقنعت مؤلِّفةَ سلسلة روايات هاري بوتر، بكتابة سبعة كتب عن الصبي الساحر».


نموذج لنشاط المخ صُمِّمَ بواسطة التصوير الوظيفي بالرنين المغناطيسي.

ALEXANDER HUTH/UC REGENTS/HTTP://DOI.ORG/BFQP

تتمثل إحدى مفاجآت كتاب «الجنس، والأكاذيب، وتصوير المخ» في التغطية الثرية للبحوث السلوكية، فعلى سبيل المثال تُرَكِّز النقاشات الخاصة بالتميز العرقي وضبط النفس، بشكل رئيسي، على الدراسات السلوكية أكثر من تصوير المخ. ولقد ثمَّنتُ ذلك، بالنظر إلى أن التصوير العصبي عمومًا لا يقل أهمية عن البحوث السلوكية التي تدعمه.

تتسم مناقشة المؤلفتين للتحديات المستمرة التي تواجه إعادة إنتاج بعض التأثيرات السيكولوجية بالصدق الذي يستحق الثناء. تعرض المؤلفتان - على سبيل المثال - مناقشةً عميقةً ومحايدة إلى حدٍّ كبير لما يسمى "نضوب الأنا"، الذي يفترض أن ممارسة ضبط النفس في أحد المجالات (مثل حلِّ مسألةٍ إدراكية صعبة) تنتقص من قدرة المرء على ممارسة ضبط النفس إزاء مشكلة أخرى (مثل تفضيل الأطعمة الصحية على غير الصحية). المعنى الضمنيُّ هنا هو أن ضبط النفس يشبه العضلة التي يمكن أن تتعب. ولقد كشفت كثير من الدراسات والتحليلات اللاحقة لها عن وجود أدلة على نضوب الأنا، لكن تجربةً واسعةَ النطاق قادها عالِما النفس مارتن هاجر ونيكوس شاتزيسارَنْتِس فشلت في الحصول على النتيجة نفسها (M. S. Hagger and N. L. Chatzisarantis *Perspect. Psychol. Sci*. **11**, 546-573; 2016).

تحظى محدوديات طرق تطبيق تقنية التصوير الوظيفي بالرنين المغناطيسي بتغطيات متباينة. وتُنَبِّه المؤلفتان إلى أن التقنية لا تكشف إلا عن علاقات الارتباط، ما يعني أن نشاط منطقةٍ ما من المخ عندما يشعر المرء بالخوف، لا يعني أن هذه المنطقة لها بالضرورة دورٌ في الشعور بالخوف. ويمكن الكشف عن الحتمية السببية فقط عن طريق التلاعُب بوظيفة منطقة معينة من المخ، إما من خلال تحفيز المخ، وإما من خلال دراسة حالات إصابة المخ بالعطب (مثلما يحدث نتيجة للجلطات الدماغية). ويُظهِر كثيرٌ من الدراسات على سبيل المثال أن القشرة أمام الجبهية البطنية الإِنْسِيَّة (وهي ذات أهمية في اتخاذ القرارات المبنية على القِيَم) تَنْشطُ عندما يفكِّر المشاركون في التجارب حول مدى استعدادهم لدفع المال مقابل سلعٍ استهلاكية. لكن دراساتٍ حديْثةً وجدت أن بعض المصابين بعطب في هذه المنطقة، لا يُبدون أيَّ قصورٍ في مثل هذه القدرات (A. R. Vaidya and L. K. Fellows *Nature Commun*. **6**, 10120; 2015).

عندي مآخذٌ بسيطةٌ على الكتاب. للأسف، تناقش سَهاكيان وجوتوَالد مشكلةَ "الاستدلال العكسي" في موضع متأخر من الكتاب. يحدث ذلك عندما يستدل الباحثون على حالةٍ نفسيةٍ ما (ولتكن الخوف) بنشاطٍ يحدثُ في منطقةٍ محددةٍ بالمخ (مثل اللوزة الدماغية)، وهو أمر - كما تصفه المؤلفتان - مثير للجدل، لأنه من النادر أن تكون هناك استجابة مباشرة بين منطقة واحدة ووظيفة واحدة، فمعظم مناطق المخ ينشط في سياقات مختلفة كثيرة. غير أن المؤلفتين تستخدمان في عدة مواضع النوع نفسه من الاستدلال، لتفسير نتائج التصوير الوظيفي بالرنين المغناطيسي.

ربما تكون المعضلات الأخلاقية التي نوقشت في كتاب «الجنس، والأكاذيب، وتصوير المخ»، قمة جبل الجليد؛ لأن التطورات العلمية تعزز قدرتنا على "قراءة الأفكار". والسؤال هو: بمجرد أن يوفر التصويرُ العصبي إمكانيةَ التنبؤ الدقيق بالسلوك المستقبليّ، هل سنشهد عندها واقعًا مريرًا مثل ذلك الذي جَسَّدَه فيلم ستيفن سبيلبرج الذي أُنتِج عام 2002 «تقرير الأقلية» *Minority Report* ، الذي فيه كان يُلقى القبض على الناس بسبب جرائم لم يرتكبوها بعد؟ أم سنُصبح قادرين على الموازنة بين حقوق الإنسان وبين القوة التي تمنحنا إياها التكنولوجيا؟ إن القضايا التي يثيرها هذا الكتاب تقدم أرضية جيدة ننطلق منها للتفكير في هذا العالم الجديد والشجاع والمميز. ■

**راسل بولدراك** هو أستاذ لِكُرْسِيِّ ألبرت راي لانج في جامعة ستانفورد بكاليفورنيا، ومدير مركز ستانفورد لِعِلْم الأعصاب القابلِ لإعادة الإنتاج.
بريد إلكتروني: russpold@stanford.edu

# أبحـــاث



الكيمياء الفيزيائية

# بصمـات آليـات التفـاعـل

**يمكن لتغيُّرات صغيرة بالهياكل الجزيئية أن تغيِّر كيفية حدوث التفاعل، إلا أن دراسة آليات التفاعل بشكل مباشر أمر صعب، لكنْ مِن شأن إحدى تقنيات التصوير التي تقدِّم نظرة متعمقة مباشرة للآليات المتنافسة أن تحسِّن الأمر.**

**كلير فالانس**

عكف الكيميائيون طيلة عقود على تحليل التفاعلات الكيميائية، لفَهْم كل الخطوات التي تنطوي عليها؛ فإن معرفة الآلية الدقيقة لتفاعل ما – كمعرفة ترتيب تكوُّن الروابط، أو كَسْرها – يسمح لنا بالتنبؤ بناتج هذا التفاعل، وكذلك تصميم جزيئات ومواد، واكتشاف جوانب كيميائية جديدة. عادةً ما ينطوي تحديد آلية أي تفاعل على تجميع معلومات متنوعة، من خلال الملاحظة غير المباشرة، ما يتطلب تخمينًا وتنقيبًا. ومن ثم، فقد أفاد كاراسكوسا وزملاؤه[1] - في بحث نُشر بدورية "نيتشر كوميونيكيشنز" - *Nature Communications* - أنهم قاموا باستخدام تقنية تُدعى "تصوير خريطة السرعة"، وذلك من أجل رسم تَصَوُّر مباشر لآلِيَّتين متنافستين، وليس آليّة واحدة فقط.

بدأ الباحثون بالنظر في تفاعل تبادلي، يتم فيه استبدال المجموعة Y (التي تدخل التفاعل في هيئة أيون سالب، $Y^-$؛ الشكل 1) بالمجموعة X المرتبطة بذَرَّة كربون. يُطلق على العملية المعنية آلية $S_N2$، وهي واحدة من أكثر الآليات دراسةً في مجال الكيمياء العضوية. يتلخَّص التفاعل في منافسة بين X، وY؛ لتحديد أيهما يمكنه أن يشكِّل رابطة أقوى مع ذَرَّة الكربون. فإذا استطاعت المجموعة Y تشكيل رابطة أقوى؛ فعندئذ ستحل محل المجموعة X.

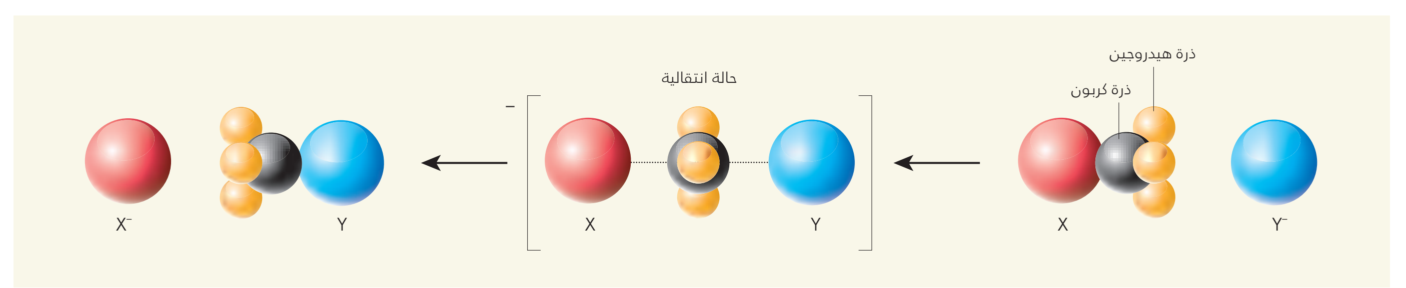
تم توصيف[2] الآلية $S_N2$ لأول مرة بالتفصيل من قِبَل الكيميائي البريطاني كريستوفر إنجولد في ثلاثينيات القرن الماضي. وقد تطلَّب ذلك عملًا استقصائيًّا كبيرًا، كان قائمًا على ملاحظتين رئيستين، تمت ملاحظتهما في كثير من أشكال التفاعل التبادلي في نطاق واسع من الظروف المختلفة. الملحوظة الأولى كانت أن سرعة التفاعل تعتمد على تركيزات المتفاعلَيْن، ما يعني أن كلاهما يجب أن يشارك في الخطوة الأبطأ من الآلية. أما الملاحظة الثانية، فكانت أن الشكل الهندسي للجزيء الناتج دائمًا ما يكون مقلوبًا بالنسبة إلى شكل المتفاعل العضوي. ويوضح لنا ذلك أن الروابط بين كل من Y، وX، وذَرَّة الكربون تتشكل وتتكسر في التوقيت نفسه، بدلًا من أن تحدث على خطوتين، وأن $Y^-$ يجب أن يقترب من ذَرَّة الكربون من الاتجاه المعاكس للمجموعة X. وفي أثناء ذلك، تخضع البدائل الثلاثة المرتبطة بذَرَّة الكربون - التي لا تشارك بشكل مباشر في التفاعل - لعملية قلب للشكل الهندسي الخاص بها، بما يشبه مظلة مقلوبة.

كانت طرق إنجولد غير مباشرة إلى حد ما، لكن في عام 2008 أظهر آخرون من المختبر نفسه الذي يعمل به كاراسكوسا وزملاؤه[3] إمكانية الحصول على فهْم أكثر مباشرةً، من خلال دراسة آلية $S_N2$ في الطور الغازي. يتم إعداد المتفاعلين في هذا النهج في صورة حزمتين منفصلتين مكونتين من جزيئات غازية، تتلاقيان بحيث يحدث التفاعل عند نقطة التقاطع بينهما. ويسمح استخدام تلك الحزم الغازية بالسيطرة المحكمة على الطاقة المتاحة للتفاعل، وعلى سرعات المتفاعلات. ومن ثم، يمكن قياس الاتجاهات التي تنتشر بها النواتج باستخدام تصوير خريطة السرعة، وتمثِّل الصور الناتجة "بصمة" مباشرة لآلية التفاعل.

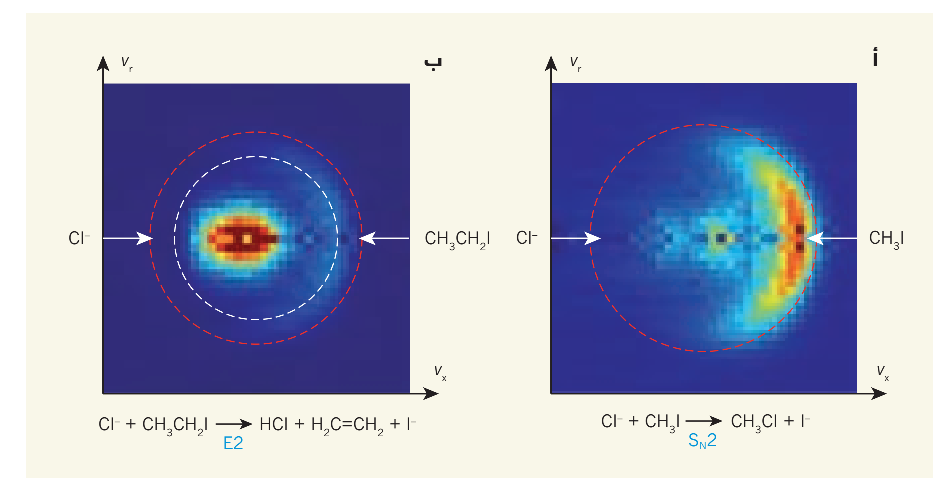
ومؤخرًا، استخدم كاراسكوسا وزملاؤه هذا النهج؛ لدراسة سلسلة من التفاعلات التبادلية، حيث بدأوا بحالة بسيطة، يتم فيها استبدال ذَرَّة كلور بذَرَّة يود في يوديد الميثيل ($CH_3I$). وقد لاحظ الباحثون أن أيونات اليوديد ($I^-$) الناتجة عن التفاعل تنتشر في اتجاه واحد فقط تقريبًا، هو الاتجاه نفسه لتحرُّك أيونات الكلوريد المصطدمة ($Cl^-$)، كما هو متوقَّع لآلية $S_N2$ (الشكل -2أ). وبالإضافة إلى ذلك.. تطير نواتج التفاعل مبتعدةً، تقريبًا بالسرعة المسموح بها من حيث الطاقة، وهو ما يشير إلى أن أي كمية من الطاقة الحركية في أيونات الكلوريد القادمة زائدة عن الكمية المطلوبة للتفاعل تتحول - بطريقة شبه مباشرة - إلى طاقة حركية لأيونات اليوديد الناتجة، ويتشتت قدر ضئيل للغاية من تلك الطاقة في اهتزاز النواتج، أو دورانها.

بعد إنشاء بصمة آلية $S_N2$، سجل كاراسكوسا وزملاؤه صورًا لعمليات مشابهة، تشمل متفاعلات مختلفة، وهنا زادت الأمور إثارة. فمثلًا، عند استبدال مجموعة ميثيل (حيث يتكون يوديد الإيثيل، $CH_3CH_2I$) بذَرَّة واحدة فقط من ذرات الهيدروجين في يوديد الميثيل؛ ينبغي أن يظل حدوث آلية $S_N2$ ممكنًا، إلا أن الباحثين وجدوا أن توزيع التشتت في هذا التفاعل (الشكل -2ب) لا يشبه ذلك المسجَّل للتفاعل مع يوديد الميثيل بأي شكل من الأشكال، حيث تنتشر النواتج في الاتجاه المعاكس، ويكون التشتت الأكثر شدة أقرب بكثير إلى منتصف الصورة.

يلقي هذا المثال الضوءَ على مشكلة شائعة في مجال الكيمياء، ففي كثير من الأحيان يصبح ممكنًا حدوث أكثر من نوع واحد من أنواع التفاعل، حالما ارتفع التعقيد الكيميائي




**الشكل 1 | آلية تفاعل $S_N2$.** يمكن للتفاعلات التبادلية، التي يتم فيها استبدال مجموعة Y (والتي تُطرح في صورة أيونات من نوع $Y^-$) بمجموعة X مرتبطة بذَرَّة كربون، أن تحدث عبر آلية $S_N2$. يقترب المتفاعل $Y^-$ من المتفاعل العضوي من على جانب ذَرَّة الكربون المعاكس للمجموعة X، ويمر بحالة انتقالية، تتكون فيها رابطة C-Y بشكل جزئي، وتتكسر الرابطة C-X بشكل جزئي أيضًا. تخضع البدائل الثلاثة (وهي هنا ذرات الهيدروجين) الموجودة على ذَرَّة الكربون - التي لا تشارك بشكل مباشر في التفاعل - لعملية قلب للشكل الهندسي الخاص بها، بما يشبه مظلة مقلوبة.




**الشكل 2 | خرائط السرعة الخاصة بآليات التفاعل $S_N2$ وE2. أ**، تبين الخريطة التوزيع المرصود لسرعات أيونات اليوديد ($I^-$) الناتجة، إثر إجراء كاراسكوسا وزملائه[1] تفاعلًا بين أيونات الكلوريد ($Cl^-$)، ويوديد الميثيل ($CH_3I$) في الطور الغازي، المتراكمة عبر ما يفوق حوالي 50 ألف عملية تكوين لليوديد. تمثِّل الألوان العدد المُعايَر لأيونات اليوديد بكل منطقة من الخريطة، بداية من عدم وجود تعداد (اللون الأزرق القاتم)، حتى أقصى عدد مرصود (اللون الأحمر القاتم). يحدث التصادم في منتصف الصورة، وتمثل vx وvr مكونات السرعة الموازية والعمودية - على التوالي - لمسار المتفاعلات. ويكشف موضع كل وحدة "بِكْسِل" عن سرعة المنتج (حيث تمثل وحدات "بِكْسِل" الأبعد عن المركز سرعات أعلى)، وزاوية الانتشار. وتشير الأسهم البيضاء إلى الاتجاهات الأصلية التي تأتي منها المتفاعلات. ومن ثم، تبين خريطة السرعة أن أيونات اليوديد تنتشر في اتجاه واحد فقط تقريبًا، هو بالاتجاه نفسه لأيونات الكلوريد المصطدمة، ويميز هذا النمط العام تفاعل $S_N2$. وتشير الدائرة الحمراء المتقطعة إلى السرعة القصوى المسموح بها من حيث الطاقة لأيونات اليوديد الناتجة المرصودة لتفاعل $S_N2$. **ب**، عندما استبدل الباحثون يوديد الإيثيل ($CH_3CH_2I$) بيوديد الميثيل؛ تغيرت خريطة السرعة الخاصة بأيونات اليوديد بشكل ملحوظ، ما يشير إلى أن تفاعلًا مختلفًا (يُعرف بتفاعل الحذف E2) قد حدث. وتشير الدائرة البيضاء المتقطعة إلى السرعة القصوى المسموح بها من حيث الطاقة لأيونات اليوديد الناتجة من تفاعل E2.

للمتفاعلات بما يتجاوز ذلك الخاص بالحالة الأبسط. ففي حالة يوديد الإيثيل والكلور، يكون التفاعل المنافس هو تفاعل الحذف E2، حيث تجذب أيونات الكلوريد ذَرَّة من الهيدروجين بعيدًا عن مجموعة الميثيل؛ ليتشكل كلوريد الهيدروجين (HCl)، وتؤدي إعادة الترتيب الناتجة للإلكترونات بالمتفاعل العضوي إلى تكوين رابطة ثنائية بين ذرتي الكربون؛ ما يؤدي في النهاية إلى تكون الإيثين ($CH_2{=}CH_2$) عند طرد أيونات اليوديد. وكما هو الحال في آلية $S_N2$، تتم العملية بخطوة واحدة، مع تكوين الرابطة وكَسْرها بالتزامن.

ومن ثم، مضى كاراسكوسا وزملاؤه قدمًا في دراسة عدة تفاعلات مشابهة في ظروف مختلفة، وذلك للبحث في تفاصيل التنافس الموجود بين آليات $S_N2$، وE2. وقد سمحت لهم طريقتهم ذات التصوير المباشر بتحديد نوعين فرعيين على الأقل من آلية تفاعل E2، اعتمادًا على ما إذا كان أيون الهالوجين المتفاعل يقترب من المتفاعل العضوي من الجانب نفسه، الخاص بأيون الهالوجين المفارق، أم من الجانب المعاكس.

وكما هو معتاد في أيّ نهج يَستخدِم الطور الغازي، لا يقدِّم النهج الذي طرحه الباحثون معلومات مباشرة حول كيفية تأثير جزيئات المذيب على آلية التفاعل؛ حيث إنه عمليًّا، يتم إجراء التفاعلات العضوية تقريبًا دائمًا في المحلول. ومع ذلك، إذا ما تم جَمْع تجارب كتلك الخاصة بكاراسكوسا وزملائه مع دراسات للتفاعل نفسه بالمحلول، قد تقدم النتائج سبيلًا جديدًا لفصل تأثيرات المذيب عن تأثيرات المتفاعل.

وسيكون هناك حد أيضًا – لم يُحَدَّد بعد - لمدى تعقيد التفاعلات التي يمكن دراستها باستخدام التقنية الخاصة بالباحثين. ويرجع ذلك – جزئيًّا - إلى أن تفسير البيانات يصبح أصعب كلما ازداد الحجم الجزيئي، وإلى أن إعداد جزيئات ضخمة بالطور الغازي يُعَدّ تحديًا كبيرًا. وبالنسبة إلى التفاعلات المعقدة جدًّا، لدرجة أنه يصعب إجراء دراسة كاملة لها، لا يزال من الممكن الوصول إلى فَهْم مفيد لها بالنظر إلى أنظمة نموذجية مبسطة. ومع ذلك، فإن هذه الجهود الجديدة تمهد الطريق لمجموعة مثيرة من الدراسات الآلية. وعلى سبيل المثال، يمكن استخدام هذا النهج لدراسة كيفية تغيُّر آليات التفاعل، استجابةً للتأثيرات الفراغية لترتيب الذرات، التي تحدث حين تمنع مجموعات ضخمة من الذرات الوصول إلى أجزاء معينة من جزيء ما، أو التحقق مما إذا كانت التفاعلات التي يُعتقد أنها تَحْدُث عبر عدة خطوات تَحْدُث فعليًّا بهذا الشكل. ■

**كلير فالانس** تعمل بقسم الكيمياء في مختبر بحوث الكيمياء بجامعة أكسفورد، أكسفورد OX1 3TA، المملكة المتحدة.

البريد الإلكتروني: claire.vallance@chem.ox.ac.uk

1. Carrascosa, E. *et al. Nature Commun.* **8,** 25 (2017).
2. Ingold, C. K. *Structure and Mechanism in Organic Chemistry* 310 (Cornell Univ. Press, 1953).
3. Mikosch, J. *et al. Science* **319,** 183–186 (2008).

علم الجينوم

# رؤى متفحصة من نبات الكينوا

**أتاحت التطورات التكنولوجية للعلماء وضع تسلسل جينوم نبات الكينوا المعقَّد. ويسلط ذلك الضوءَ على التوسع المستمر للجينوميات، فيما يتجاوز المحاصيل الرئيسة إلى نباتات أخرى، لها أهمية في الأمن الغذائي العالمي.**

**أندرو إتش. باترسُن، وألان إل. كولاتا**

في عام 2006، قَدَّر أحدنا أنه في غضون 14 عامًا سوف يكون تسلسُل 200 نبات متوطن قد وُضع بالفعل، نظرًا إلى التقدم التكنولوجي المستمر[1]، إلا أن علم الجينوم قد تجاوَز هذا التوقع.. فمعظم نباتات المحاصيل الرئيسة، والحيوانات المدجنة، والكائنات النماذج قد وُضع تسلسلها بالفعل. ومع ذلك، لا تزال جينومات العديد من الكائنات المهمة بالنسبة إلى المجتمعات المحلية - ذات الأهمية العالية، وسط عالم يواجه تحديّات الأمن الغذائي - بحاجة إلى الدراسة. وأحد الأمثلة على هذه الكائنات محصول نبات الكينوا الإنديزي (*Chenopodium quinoa*). ففي بحث لهم، نُشر مؤخرًا في دورية *Nature*، يعرض جارفيس وزملاؤه[2] تسلسلًا جينوميًّا عالي الجودة لهذا النوع من النبات.

تشير الأدلة الأثرية[3] إلى أن نبات الكينوا قد تم زرعه محليًّا منذ حوالي 7 آلاف سنة في المسطّح المرتفع حول بحيرة تيتيكاكا في جبال الأنديز (الشكل 1)، وأصبح بذلك محصولًا غذائيًّا رئيسًا لحضارات الأنديز التي سبقت الإنكا[3,4]. وقد قُدِّر نبات الكينوا لخصائصه الغذائية، وقدرته على التكيف مع بيئات مختلفة، حيث ينمو في نطاق استثنائي من الارتفاعات المختلفة (من مستوى سطح البحر، حتى 4 كيلومترات فوقه)، ودرجات الحرارة (من 8 إلى 38 درجة مئوية)، ونسب الرطوبة، وظروف التربة[5]، لكن بحلول منتصف القرن العشرين، أصبح نبات الكينوا طرازًا قديمًا، حيث أصبح يُزرع بشكل رئيس من قِبَل مجتمعات محلية معزولة في مرتفعات الأنديز. ولم تبدأ إمكاناته الغذائية والتجارية بحيازة حجم أكبر من التقدير قبل السبعينات[6]، بيد أنه ستكون هناك حاجة إلى زيادة المدخلات العلمية في برامج الاستزراع له، إذا كان الهدف هو إدراك الإمكانات الكاملة لهذا المحصول.

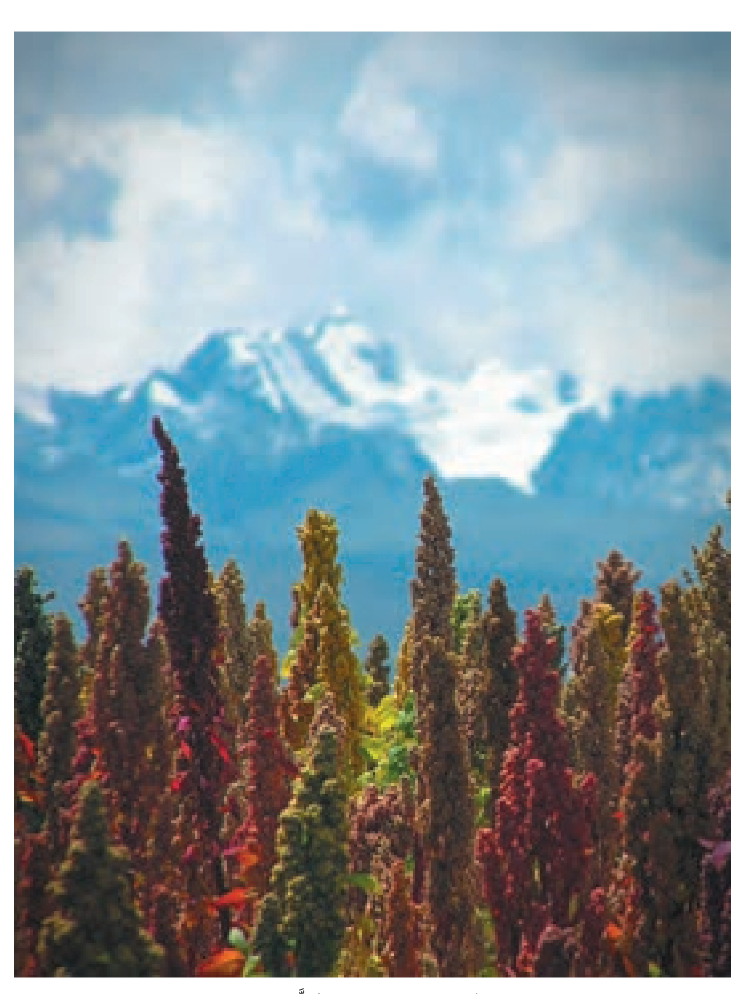
ومع أخْذ هذا الهدف في الاعتبار، قام جارفيس وزملاؤه بوضع تسلسل جينوم نبات *C. quinoa*، الذي



تُطبع المجلة بدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية

يصل طوله إلى ما يقرب من 1.5 جيجابيز. إن هذا النوع - مثل كثير من النباتات - متعدد الصيغ الصبغية؛ فهو يحتوي على أربع نسخ من كل من كروموسوماته التسعة، نشأت عن طريق تهجين نوعين من الأسلاف ثنائية الصيغ الصبغية (التي تمتلك مجموعتين من الكروموسومات). أسهَم كل واحد من الأسلاف، A وB، بمجموعتين من تسعة كروموسومات، انتقلت إلى الذُّرية متعددة الصيغ الصبغية. واستخدم الباحثون التقنية الآتية؛ لوضع التسلسل باستخدام جزيء وحيد، مع مجموعة واسعة من تقنيات رسم الخرائط المعقدة، من أجل الإدخال الصحيح لتسلسلات الحمض النووي في بعضها، التي كانت ستظل منعزلة في حالة عدم حدوث ذلك.

أدَّى هذا التكامل بين تقنيات وضع التسلسل ورسم الخرائط إلى تجميع 439 "قالب" تسلسل، غَطَّت 90% من الجينوم، ورُتِّبت في 18 مجموعة، مطابقة لـ18 كروموسومًا قاعديًّا (مجموعة من 9 كروموسومات من كل سلف من الاثنين). وهذا الإنجاز تحديدًا مثير للإعجاب، كما يقول الباحثون، نظرًا إلى أن نسبة مميزة - 64% - من جينوم نبات الكينوا تتكون من حمض نووي مكرر؛ ما يجعل من الصعب العثور على التسلسلات الفريدة المنعزلة والضرورية لتجميع كروموسوماتها كتجميع قطع أحجية.



DAVID JARVIS/IVAN GROMICHO

**الشكل 1 | نباتات الكينوا المزروعة في مرتفعات شاهقة.** تَمَكَّن جارفيس وزملاؤه2 من وضع التسلسل الجينومي لنبات Chenopodium quinoa.

وقد أشار الجَمْعُ بين تحليل النّسخ، والتوقّع الموضوع منذ البداية (حيث يُبحث في الجينوم عن تسلسلات خاصة بجينات معينة) إلى أن الجينوم يحتوي على 44,776 جينًا. ومن قاعدة البيانات المتوفرة لـ956 جينًا معروفًا من جينات نبات الكينوا، عُثِر على 97.3% في العينة قيد الدراسة؛ ما يشير إلى أن التسلسل يغطي الجينوم كله تقريبًا.

بعد ذلك استحدث الباحثون نسخة من التسلسلات (أقل عمقًا) لأنواع أخرى تنتمي إلى جنس *Chenopodium*: بمثابة 15 سلالة من نبات الكينوا مختلفة وراثيًّا عن بعضها (ملحقات)؛ وخمسة ملحقات، وملحقين من الأقارب متعددة الصيغ الصبغية *C. berlandieri* و *C. hircinum*، على التوالي؛ ونباتين ثنائيّي الصيغ الصبغية، *C. pallidicaule* و*C. suecicum*، ينحدران مما يُعتقد أنه أسلاف الكينوا A وB، على التوالي. وقد قدمت هذه البيانات رؤية متعمقة لانتشار وتوطُّن أنواع *Chenopodium*.

وقد كشفت المقارنة مع اثنين من الأسلاف المتوقعة ثنائية الصيغ الصبغية للكينوا أن تسعة من الكروموسومات الأساسية لنبات *C.quinoa* أقرب شبهًا بجينوم السلف A - *C. pallidicaule* - المستمَدّ من العالَم الجديد. أما التسعة الأخرى، فتمثل جينوم السلف الأوراسي B - *C. suecicum*. وتوفر هذه البيانات مزيدًا من الدعم للنظرية الموجودة الآن[7]، القائلة إن السلف الأوراسي انتشر عبر المحيط، قبل تَشَكُّل *C. quinoa* متعدد الصيغ الصبغية، قبل 3.3 مليون إلى 6.3 مليون سنة.

من معوِّقات القبول الواسع لنبات الكينوا كمحصول رئيس للاستهلاك الآدمي وجود مركبات الصابونين المُرّة فيه، التي تغلّف البذور. تُبعِد هذه المركبات الآفات، لكنها تدمّر خلايا الدم الحمراء، ولذا تجب إزالتها قبل الاستهلاك، وذلك في عملية تَستخدِم تقنيات تحتاج إلى الكثير من الماء والجهد. تنتج بعض خطوط الكينوا "الحلوة" مستويات منخفضة جدًّا من مركبات الصابونين، لكن هذه السلالات لم تُزرع على نطاق واسع بعد في جبال الأنديز، ويرجع ذلك - في جزء منه على الأقل - إلى زيادة الهجوم عليها من قِبَل الطيور وغيرها من الآفات؛ ما يؤدي إلى انخفاض العائدات.

في تجاربهم النهائية، تَمَكَّن جارفيس وزملاؤه من تحديد تسلسل للحمض النووي، يرتبط بوجود مركبات الصابونين، أو غيابها. والتسلسل المقترَح هو بمثابة منطقة جينومية صغيرة، ترمِّز عاملين من عوامل النسخ المشارِكة في عملية التركيب الحيوي لمركبات الصابونين. يظهر واحد منهما فقط، هو AUR62017204، في البذور، ويُنتِج التعبير عنه في خطوط الكينوا الحلوة بروتينًا مبتورًا، يُفترَض أنه يؤدي إلى انخفاض إنتاج الصابونين.

يتجاوز تسلسل الجينوم الذي وضعه الباحثون عقبات رئيسة تقف في طريق دراسة واستخدام نبات الكينوا، لكنْ تبقى التحديات. فمثلًا، سيتطلب إثبات أن نوعًا مختلفًا من AUR62017204 يعطي "مذاقًا حلوًا" إظهار أن إدخاله في نبات الكينوا البري سينقص من إنتاج الصابونين. ويمكن تحقيق إدخال كهذا، إمّا من خلال بِنْيَة جينية مُهندَسة (وهو ما لم يحدث، على حدّ علمنا)، أو عن طريق استبدال تسلسل النوع الحلو بالنوع البرّي، باستخدام التحرير الجينومي (وهو احتمال يحتاج إلى بعض الوقت والتكاليف).

وسيتطلب استخدام المعلومات المكتسَبة من الجينوم لتحسين إنتاج الكينوا جهودَ استزراع معززة. وبالمثل، سيتطلب التعرف على وسائل الدفاع التي يستخدمها نبات الكينوا وغيره من نباتات عائلة *Amaranthaceae*، لتصبح أكثر تحملًا للإجهاد في مجموعة من البيئات المختلفة، كثيرًا من البحوث الأساسية. واحتمال نقل هذه الطرق الدفاعية غير الحيوية لمحاربة الإجهاد - أو نقل سمات أخرى - من الكينوا إلى محاصيل أخرى هو احتمال مثير للاهتمام، لكنه لا يخلو من التعقيد.

على الرغم من ذلك، فإن القدرة على اكتساب رؤى متبصرة في بيولوجية وتطوّر الخصائص المثيرة للاهتمام في كائنات معينة بشكل سريع ستؤدي إلى احتمالات جديدة في الزراعة. فمثلًا، إذا كانت واسمات الحمض النووي المشخّصة لسمة ذات أهمية، أو عملية التحرير الجينومي، يمكن استخدام أي منهما لتسريع استزراع أصناف الكينوا الحلوة المفيدة تجاريًّا، قد يقدّم ذلك فرصة اقتصادية للمزارِعين في جبال الأنديز وما بعدها؛ لزيادة إنتاج الغذاء في البيئات الصعبة. وقد يؤدي وضع التسلسل الجينومي لمحاصيل غذائية أخرى مهملة[8] إلى وضع الأسس لمزيد من الإسهامات؛ لتحقيق الأمن الغذائي العالمي. ■

**أندرو إتش. باترسُن** يعمل في مختبر وضع خرائط الجينوم النباتي، جامعة جورجيا، أثينا، جورجيا 30605، الولايات المتحدة الأمريكية. **ألان إل. كولاتا** يعمل في قسم الأنثروبولوجيا، جامعة شيكاغو، شيكاغو، إلينوي 60637، الولايات المتحدة الأمريكية.

البريد الإلكتروني: paterson@uga.edu؛ kol7@uchicago.edu

1. Paterson, A. H. *Nature Rev. Genet.* **7,** 174–184 (2006).
2. Jarvis, D. E. *et al. Nature* **542,** 307–312 (2017).
3. Kolata, A. L. *Tiwanaku and its Hinterland: Archaeology and Paleoecology of an Andean Civilization* Vol. 2 (Smithsonian Inst. Press, 2003).
4. Bruno, M. C. & Whitehead, W. T. *Lat. Am. Antiq.* **14,** 339–355 (2003).
5. Bazile, D., F.uentes, F. & Mujica, A. in *Quinoa: Botany, Production and Uses* (eds Bhargava, A. & Srivastava, S.) 16–35 (CABI, 2013).
6. Maughan, P. J. *et al.* in *Genome Mapping and Molecular Breeding in Plants: Pulses, Sugar and Tuber Crops* Vol. 3 (ed. Kole, C.) 147–158 (Springer, 2007).
7. Walsh, B. M., Adhikary, D., Maughan, P. J., Emshwiller, E. & Jellen, E. N. *Am. J. Bot.* **102,** 533–543 (2015).
8. Fox, J. L. *Nature Biotechnol.* **31,** 867 (2013).

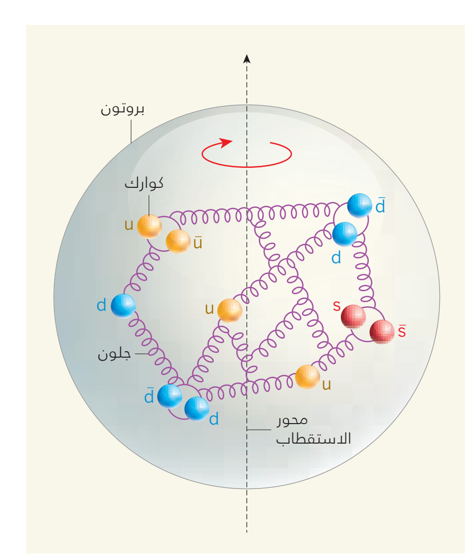
فيزياء الجسيمات

# غرابة البروتون

**قد يحتوي البروتون على أزواج من الجسيمات الأولية المعروفة مثل الكواركات الغريبة؛ والآن تعرف العلماء على كيفية إسهام تلك الجسيمات في توزيع الشحنة الكهربائية الخاصة بالبروتون، وكذلك العزم المغناطيسي.**

**روس دي. يانج**

للجسيمات الأولية - المسماة بالكواركات - ست "نكهات": علوية، وسفلية، وجذابة، وغريبة، وقِمِّيّة، وقعرية. ويصادف هذا العام الذكرى السنوية السبعين لاكتشاف الكواركات الغريبة في المادة. وقد أرسى هذا الاكتشاف الأساس الذي تم بناء[1-3] نموذج الكوارك عليه؛ ما مَنَحَنا تصوُّرًا بسيطًا لتكوُّن البروتون – وكل النوى الذرية التقليدية - من كواركات علوية وسفلية فقط، لكنْ على مستوى المقاييس الصغيرة، وفي عمق البروتون، فقد حلّ محل هذا التصور البسيط تصوُّر آخر يتكون من مجموعة مختلفة من الكواركات، وكواركات مضادة (وهي جسيمات مضادة للكواركات)، وجلونات (وهي الجسيمات التي تربط الكواركات ببعضها). ومن حيث المبدأ، يمكن للنكهات الست أن تكون حاضرة، لكن بالنظر إلى البروتون من بعد، فقد كان من الصعب معرفة تأثير النكهات الأربع "الخفية". ومن ثم، يشير سوفيان وزملاؤه[4] - في بحث نشروه في دورية "فيزيكال ريفيو ليترز" *Physical Review Letters* - إلى حوسبة دقيقة لتوزيع الشحنة الكهربائية والمغنطة المصاحبَين للكواركات الغريبة في البروتون.




**الشكل 1 | البنية الداخلية للبروتون.** للجسيمات الأولية المسماة بالكواركات ست "نكهات"، من بينها العلوية (u)، والسفلية (d)، والغريبة (s). وفي داخل البروتون، إضافة إلى اثنين من الكواركات العلوية، وواحد سفلي، والجلونات (وهي الجسيمات التي تربط الكواركات مع بعضها البعض)، يستمر إنتاج وتدمير أزواج من الكواركات والجسيمات المضادة لها (أي الكواركات المضادة؛ التي تمت الإشارة إليها بالشَّرطة العلوية). ويؤثر وجود تلك الجسيمات الإضافية على خواص البروتون. ولذا.. فقد أظهر سوفيان وزملاؤه[4] - باستخدام عمليات محاكاة بحواسب فائقة - أنه عند تخلُّق الكواركات الغريبة في البروتون، فإن الكواركات المضادة الغريبة تتوزع - في المتوسط - أبعد قليلًا من مركز البروتون عن مثيلاتها؛ ويؤثر انعدام التماثل هذا على توزيع الشحنة الكلية للبروتون. كما أظهر الباحثون أيضًا أن الكواركات الغريبة ترفع من قيمة العزم المغناطيسي للبروتون بحوالي 0.8%. ويمكن التفكير في هذا الإسهام كما لو كان مستحثًا عن طريق محصلة دوران شحنة كهربائية سالبة للكواركات الغريبة (التي تمت الإشارة إليها بالسهم الأحمر) حول محور الاستقطاب الخاص بالبروتون.

يُعَدّ الكوارك الغريب هو الجسيم الأخف وزنًا بعد الكواركات العلوية والسفلية، ولذلك، يتوقع أن يكون هو النكهة الخفية المهيمنة في البروتون. ولفَهْم الكيفية التي قد تؤثر بها الكواركات الغريبة على خواص البروتون، يجب أن نأخذ توزيع الشحنة الكهربائية أولًا في الاعتبار. وتبعًا للنظرية التي تصف تفاعلات الكواركات والجلونات – المعروفة بالديناميكا اللونية الكمية (QCD) - فإنه في كل مرة يتخلق فيها كوارك غريب، يجب أن يظهر كذلك كوارك مضاد له؛ أي أنه يجب دائمًا أن تكون المحصلة النهائية لكمية "الغرابة" صفرًا. ومع ذلك فإن التوزيعات المكانية لتلك الكواركات ليس من اللازم أن تكون متماثلة، وسيظهر أي فارق على أنه إسهام في توزيع الشحنة الكلي للبروتون. وتُعَدّ ذَرَّة الهيدروجين مضاهاة بسيطة لذلك، فرغم أن محصلة الشحنة الخاصة بها تساوي صفرًا، إلا أن هناك شحنات موجبة وأخرى سالبة على مقاييس مختلفة، مع وجود سحابة إلكترونية سالبة الشحنة على مسافة من مركز الذَّرة، ونواة مكتنزة موجبة الشحنة في المنتصف.

يستخدم سوفيان وزملاؤه حواسب فائقة؛ لمحاكاة عمليات الديناميكا اللونية الكمية هذه. وهم يبينون أنه عند إنتاج زوج من الكواركات الغريبة في البروتون، سيتم توزيع الكواركات المضادة الغريبة ،في المعتاد، بشكل أبعد قليلًا من مركز البروتون عما يفعل الكوارك الغريب. ولذلك، يؤثر انعدام التناظر هذا على توزيع الشحنة الكلية للبروتون. كما حدد الباحثون إسهام الكواركات الغريبة بالعزم المغناطيسي للبروتون؛ إذ يتصرف البروتون المفرد كقضيب مغناطيسي صغير. ويمكن النظر إلى إسهام نكهات الكوارك الخفية في هذه المغنطة على أنها تُستحث عن طريق دوران الشحنة الكهربائية حول محور استقطاب البروتون (الشكل 1). ومن ثم، يبيِّن سوفيان وزملاؤه أن الكواركات الغريبة تؤدي إلى تحسُّن ضئيل (0.8 ± 0.2)% في العزم المغناطيسي الكلي للبروتون، كما يؤكدون على وجود إسهام إيجابي، بمستوى ثقة يبلغ 99.99%.

تؤكد عملية المحاكاة التي قام بها الباحثون على صحة تنبؤات عملية حسابية[5] تمت في وقت سابق؛ لمعرفة سلوك الكواركات الغريبة في البروتون، كما تسمح - للمرة الأولى - بإجراء تقييم شامل لنقاط عدم التيقن المنهجية. إن الدقة الهائلة لنتيجة العزم المغناطيسي الخاصة بسوفيان وزملائه





تُطبع المجلة بدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية

تفوق تلك الخاصة بأكثر القياسات[6] التجريبية دقة بأكثر من عشر مرات. ويتناقض ذلك بشكل صارخ مع نتائج معظم جوانب بِنْيَة البروتون. فعلى سبيل المثال، تُعَدّ القياسات التجريبية للمغنطة الكلية للبروتون أكثر دقة بعشرات الملايين من المرات عن تلك التي يمكن تحديدها من خلال الحسابات العددية للديناميكا اللونية الكمية[7،8].

من الصعب عزل مكوِّن الكوارك الغريب الخاص بمغنطة البروتون، إذ يتطلب قياسات دقيقة للإخلال بالتكافؤ (أي قياسات الفارق بين التشتت اليساري واليميني للإلكترونات المستقطبة بعيدًا عن البروتونات). وعلى النقيض من ذلك، فإن عزل هذا المُكوِّن بحساب عددي هو نسبيًّا أسلوب أكثر مباشرة. ومع تحسُّن التقنيات الحسابية، سيكون من الممكن والمطلوب الحصول على نتائج دقيقة للمغنطة الكلية للبروتون، التي ينبغي أن تؤكد أكثر ما نفهمه عن التفاعلات بين الكواركات والجلونات.

وخارج نطاق دراسة الكواركات والجلونات بالديناميكا اللونية الكمية، يمكن لاكتشافات سوفيان وزملائه أن تكون ذات تأثير فوري على تحليل تجربة $Q_{weak}$ بفيرجينيا[9]. وتقوم تلك التجربة بقياس التفاعل "الضعيف" بين بروتون وإلكترون، بذا تختبر ما إذا كانت الكواركات لها بِنْيَة داخلية بدقة فصل مكانية أقل من 10-19 متر، أم لا (المرجع 10). ينشأ واحد من المكونات الأساسية لخلفية تلك التجربة من مغنطة الكواركات الغريبة في البروتون. ويمكن لحسابات الباحثين أن تسمح بتحديد تلك الخلفية بشكل أسهل؛ ما يمكِّن من وضع قيود أقوى على التجربة.

ومع تحسُّن دقة دراسات الديناميكا اللونية الكمية للبروتون، هناك إمكانية لاستخدام تلك الحسابات العددية في مجالات متنوعة في الفيزياء. فعلى سبيل المثال، تلعب الكواركات الغريبة في البروتون دورًا رئيسًا في البحث الجاري عن المادة المظلمة، وهي الكتلة "المفقودة" في الكون. وأحد التفسيرات المفضلة للمادة المظلمة هو أنها تتكون من جسيمات ضخمة تتفاعل بشكل ضعيف (وتسمى اختصارًا WIMPs). ويمكن لتفاعلات تلك الجسيمات مع البروتونات أن تحدث عبر قوة "هيجز"، المصاحِبة لبوزون هيجز الشهير. ومن المرجح أن تتحكم الكواركات الغريبة والنكهات الخفية الأخرى بالبروتون في تلك التفاعلات، لأن الكواركات العلوية والسفلية تمتلك كتلًا صغيرة. وقد اكتسبت الكواركات الغريبة اسمها، نتيجة لسلوكها الذي تم الكشف عنه بالجسيمات تحت الذرية قبل سبعين عامًا، وقد تكون هذه حسابات في غاية النفع، إذا نجحت مرة أخرى في الكشف عن سلوكيات جديدة وغريبة في الطبيعة. ■

**روس دي. يانج** يعمل بقسم الفيزياء، جامعة أديليد، أديليد SA 5005، أستراليا.
البريد الإلكتروني: ross.young@adelaide.edu.au

1. Gell-Mann, M. *Phys. Lett.* **8,** 214–215 (1964).
2. Zweig, G. CERN Report No. CERN-TH-401 (1964).
3. Zweig, G. CERN Report No. CERN-TH-412 (1964).
4. Sufian, R. S. *et al. Phys. Rev. Lett.* **118,** 042001 (2017).
5. Green, J. *et al. Phys. Rev. D* **92,** 031501 (2015).
6. Acha, A. *et al. Phys. Rev. Lett.* **98,** 032301 (2007).
7. Mohr, P. J., Newell, D. B. & Taylor, B. N. *Rev. Mod. Phys.* **88,** 035009 (2016).
8. Shanahan, P. E. *et al. Phys. Rev. D* **89,** 074511 (2014).
9. Androic, D. *et al. Phys. Rev. Lett.* **111,** 141803 (2013).
10. Kumar, K. S., Mantry, S., Marciano, W. J. & Souder, P. A. *Ann. Rev. Nucl. Part. Sci.* **63,** 237–267 (2013).

علم الآثار

# آثار مبكرة غير متوقَّعة للأمريكيين

**يُعتقَد أن البشر وصلوا إلى الأمريكتين قبل أقل من 15 ألف سنة، لكن هناك أدلة على استخدام أدوات حجرية، للتعامل مع جثة حيوانٍ استُخرِجَت في كاليفورنيا، تشير إلى أن وصول أقارب البشر من جنس *Homo* إلى الأمريكتين كان أبكر كثيرًا من ذلك.**

**إيريلا هوفرز**

مثَّل القرن السادس عشر حقبةَ استطلاعٍ عالميةً أُطلِق عليها "عصر الاستكشاف". كان ذلك عندما سمعت شعوب عديدة عن القارة المكتشَفة حديثًا، التي عُرِفت لاحقًا باسم "أمريكا"، ولُقبت بـ"العالَم الجديد"، لكن الأمريكتين قد اكتشفهما بالفعل إنسان ما قبل التاريخ، من نوع "الإنسان العاقل" *Homo sapiens*، الذي استوطن كل القارات المسكونة الأخرى، ثم وصلَ إلى هناك قبل 14,500 سنة تقريبًا[1]، وهو تاريخ قريب من نهاية عصر البلايستوسين. وفي بحث نُشر مؤخرًا بدورية *Nature*، يتحدى هولن وزملاؤه[2] وجهة النظر هذه بأدلّة أثرية تقدِّم منظورًا مختلفًا لزمن وصول البشر إلى الأمريكتين. ويثير بحثهم السؤالَ حول أي تلك المجموعات من أسلاف البشر – أي أشباه البشر (hominins) من جنس *Homo* – يمكن أن يكون هؤلاء السكان الأوائل كانوا تابعين لها.

حلَّل هولن وزملاؤه أدلةً من موقع "سيروتي ماستودون" الأثري، جنوبي كاليفورنيا، الذي يحتوي على رسوبيات جلبها التيار، وتم استخراجها[3] في عامي 1992، و1993، باستخدام نظامِ توثيقٍ مُحْكَم. كانت إحدى الطبقات المترسبة، وهي طبقة عظميّة تُسمى الطبقة "إي" (Bed E)، تحتوي على بقايا "ماستودون"؛ وهو حيوان منقرض، ذو قرابة بعيدةٍ بالفيلة. وُجِدَت العظام الطويلة للماستودون (الشكل 1) والأضراس الطواحن والأنياب في حالة مفتَّتة، وعليها علامات تعديل شبيهة بتلك التي تنجم عن الضرب المتكرر بالمطارق الحجرية (الطَّرق)، كما وُجدت موزَّعة مكانيًّا على نحو لا يوجد في العادة عندما تتحلل الجثة بعد الموت، سواء لسبب طبيعي، أم عارض. وإضافة إلى ذلك، كانت نهايات بعض العظام مقطوعة، ما يشير إلى أن ذلك تم لاستخلاص نخاع العظم الغني بالغذاء. ولم تظهر هذه الخصائص غير العادية في عظام الذئاب والأحصنة الموجودة في طبقاتٍ مجاورة. وإضافة إلى ذلك، كانت عظام الماستودون موزَّعة على مجموعتين منفصلتين مكانيًّا، وكلّ منهما مصحوبة بحَصاتَين أو ثلاث حصَواتٍ حجرية من مادة خام محلية. وكان الحصى كبير الحجم، مقارنةً ببقية مادة الطبقة الرسوبية ذات الحبيبات الدقيقة.

استُخدِمَ نهجٌ صارم لأخْذ عيناتٍ من الرسوبيات من الطبقات المتتابعة في مختلف مناطق التنقيب. وتشير إعادةُ تجميع القطع الحجرية المفتتة، التي انفصلت عن غير قصد، لإعادتها إلى الهيئة الأولى التي كان عليها الحصى الأصلي قبل التشظِّي، وكذلك إعادة ترتيب قطع العظام لتكوين العظام الطويلة، إلى أن الطبقة "إي" دُفِنَت بسرعة، ومن ثم حُفِظَت جيدًا. ويوجد تباين مذهل بين محتويات الطبقة "إي"، والطبقتين الواقعتين فوقها وتحتها (الطبقتين "إف" و"دي"، على التوالي)، اللتين كانتا تحتويان على أصدافٍ وأسنانِ قوارِض فقط، ولم يكن فيهما أيّ أدواتٍ حجرية محتملة.

ولا يقدِّم التحليل المفصل للطبقة الرسوبية - الذي أجراه الباحثون - دعمًا لفرضية تغيُّر موضع المواد بفعل الماء، أو سحق الحيوانات لها، أو عمليات الدفن أو التحفير الأخرى، التي يمكن أن تؤثر على كشْف أثريّ، مثل الكشف عن تفسيرات للخصائص الغريبة للطبقة "إي".

أجرى الباحثون دراسات تجريبية، مستخدمين الحصى الحجري في طرق عظام أفيال ضخمة (انظر الفيديو رقم 8، الملحق بالبحث المنشور[2]). أُخضِعَت العظامُ والأحجارُ التجريبية، وتلك المأخوذة من الموقع الأثري، لتحليلات التآكل الناجم عن الاستخدام، وأعَدَّ الباحثون قاعدة بيانات للتعديلات المتوقَّعة في حال استخدام الأحجار لتكسير جثث الحيوانات الضخمة، وفي حال استخدام مطارق حجرية في طَرْق عَظْمة موضوعة على سندانٍ حجري. سجل هولن وزملاؤه مواضع التشابه بين علامات التعديل على كل من الحصى والعظام، التي طرأت بعد إجراءاتٍ محدَّدةٍ في تجاربهم، وبين تلك التي كُشِفَ عنها في الطبقة "إي". لم يجد المؤلفون دليلًا على أن الأحجار تغيرت بفعل شيء آخر، مثل صناعة الأدوات عبر التكسير المُوَجَّه. لهذا يفسِّر الباحثون الحصى الضخم (البالغ قطره 10–30 سنتيمترًا) الموجود في الطبقة "إي" على أنه مَطارِق حجرية، وسنادين استُخدِمت لمعالجة جثة الماستودون.

وهناك "مواقعُ لِجُثثٍ منفردة" مشابهة، تنتمي إلى الفترات الأثرية الأولى[4،5]، حتى وقت متأخر من عصر ما قبل التاريخ. ربما تكون عظام الماستودون قد كُسِّرت لاستخلاص النخاع؛ بقصد استخدامه كطعام، أو لصناعة أدوات من العظم. وكان عدد من أنواع الرئيسيات، بما فيها نوعنا البشري، يستخدم الطرق لاستخلاص الطعام من أنسجة النبات والحيوان[6].

هذا وتتمثل المفاجأة الكبيرة في عمر الموقع. فقد أسفر التحديد الدقيق لعمر العظام - باستخدام سلسلة اليورانيوم - عن تقديرٍ لعُمْر الدفن بحوالي 130,700 ± 9,700 سنة، وهو ما يتزامن مع بداية "فترة ما بين العصرين الجليديين" الأخيرة، الرطبة والدافئة. ويمكن لما تم العثور عليه في الطبقة "إي" أن يُرجِع تاريخَ أشباه البشر في العالم الجديد إلى زمن أبكر مما كان يُعتقد في السابق، بأكثر من مئة ألف عام.

يتعلق الجدل المستمر حول الاستيطان البشري للأمريكتين بما إذا كان الاستيطان قد تضمَّن طريقًا ساحليًّا، أم بريًّا. وفي المعلومات الملحقة بالبحث المنشور، أشار الباحثون إلى مدخل ساحلي، بناءً على مزاعم بوصول أشباه البشر إلى الجُزُر الآسيوية والمتوسطية، قبل أكثر من مئة ألف سنة[7،8]. ويرى المؤلفون أنه على الرغم من ارتفاع مستوى سطح البحر في أثناء فترة ما بين العصرين الجليديين الأخيرة، فإن قَطْع المسافات إلى الأمريكتين عبر الماء كان في مقدور المجتمعات البشرية في ذلك الوقت، وإنّ الأجواء الدافئة لتلك الفترة ربما تكون قد يَسَّرَت التأقلم مع الوسط المكتشَف حديثًا على اليابسة.

تُطبع المجلة بدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية




**الشكل 1 | عظام الماستودون المكسورة، وأدوات حجرية محتملة في موقعٍ أثري، عمره 130 ألف عام في كاليفورنيا.** يورد هولن وزملاؤه[2] تحليلًا للاكتشافات التي تمت في أثناء الحفر في موقع سيروتي ماستودون[3]. بعض الأحجار التي عُثِر عليها هناك، مثل أحد السندانات المحتملة (الحجر المعروض هنا يزن 8.3 كيلوجرامات)، يمكن أن يكون قد استُخدِم لكسر عظْم الفخذ لأحد حيوانات الماستودون، وهو حيوان منقرض، ذو قرابة بعيدة بالفِيَلَة. والعلامات المحتمَلة الدالة على كسر العظام باستخدام أدوات حجرية، بما فيها عَظْم فخذ مكسور ومنفصل، والنهايات المقطوعة للفخذ، المعروفة برؤوس عظم الفخذ، يمكن أن تدل على نشاط قام به البشرُ القدامى. طول شريط مقياس الرسم 10 سنتيمترات.

لقد جابت أنواع عديدة من أشباه البشر أوراسيا قبل 130 ألف عام، رغم أن الأنواع المختلفة لم تكن قد طَوَّرت بالضرورة سلوكياتٍ تقنية متشابهة. ويُعَدّ المرشحون المحتمَلون من أشباه البشر - في رأي الباحثين مستكشفي موقع سيروتي ماستودون - هم المجتمعات المتأخرة من الإنسان المنتصب *Homo erectus*، وإنسان النياندرتال، وإنسان دينيسوفا الغامض (حسب ما عُرِف من خلال التحليل الوراثي لعَظْمة واحدة، وبعضِ الأسنان). يربط التحليل الوراثي[9] الأمريكيين الأصليين الموجودين حاليًّا في منطقة الأمازون بالمجموعات الآسيوية والأسترالية من السكان الأصليين، الذين يرتبطون[10] بدورهم بإنسان دينيسوفا. وتُعَدّ مثل هذه الخصائص ضعيفة أو غائبة في مجموعات السكان الأصليين، الأمريكية الشمالية والوسطى، وفي الأمريكيّين الشماليّين من أواخر عصر البلايستوسين[9،11]، ما قد يدل على مجموعة متنوعة من المجموعات السكانية المؤسِّسة في الأمريكتين. وقد يدعم هذا التحليل دخولًا واحدًا مبكرًا على الأقل (قبل 14,500 سنة) إلى الأمريكتين، لكن التوقيت الدقيق يظل بمثابة سؤال مفتوح[9]. ولا يسجِّل هولن وزملاؤه دليلًا من الهيكل، أو من الحمض النووي، يمكنه أن يكشف هويّة أشباه البشر الذين استُدِلَّ على وجودهم في الموقع.

لا ينظر هولن وزملاؤه إلى "إنسان فلوريس" (*Homo floresiensis*) ساكن الجُزُر على أنه مستوطِنٌ مبَكِّر محتمَل لأمريكا. وتشير غالبية الأدلة إلى أن الإنسان العاقل الحديث *H. sapiens* لم يكن قد انتشر بعدُ إلى خارج أفريقيا قبل 130 ألف سنة[12]. ربما تكون الأشكال المبكرة من الإنسان الحديث (أي التي تتشابه تشريحيًّا مع الإنسان الحديث) مثل البشر الذين سكنوا كهفَي قَفزة، وسخُول في الشرق الأدنى قد انتشرت من أفريقيا وأوراسيا في ذلك الوقت[13]. ويخَمِّن الباحثون أن يكون الإنسان العاقل القديم معنيًّا بوجود موقع سيروتي ماستودون.

لكن ماذا حدث بعد أن وصل أشباه البشر هؤلاء إلى الأمريكتين؟ لا يقول السجلُّ الأثري شيئًا، حتى العصور المتأخرة جدًّا. وتعتمد الفرضيات الأثرية الأشهر والمثيرة للجدل بشأن الدخول البشري المبكر إلى الأمريكتين على موقع "كاليكو هيلز" في كاليفورنيا (الذي يُعتقد في الأصل أن عمره يتراوح بين 50,000، و80,000 عام، أو أكثر)[14،15]، وموقع "بِدْرا فورادا" في البرازيل (وعمره بين 20,000، و40,000 عام)[16]، وموقع "أولد كرُو" في مقاطعة يوكن في كندا[1]. إنّ كل ما قُدِّمَ لدعم تلك الفرضيات تم نقده والرد عليه، بما فيه من تفسيرات مرتبطة بالموقع، وبطبيعة العناصر الحجرية، و"البصمة" البشرية الظاهرة على الحفريات الحيوانية. وفي هذه الحالات، يمكن تفسير الاكتشافات، باعتبارها محصلةً عمليات جيولوجية وحيوية، تحاكي ظاهريًّا عناصر من صُنع البشر، أو يمكن التشكيك في وجود صلة بين الرسوبيات المؤرَّخة، والقطع الأثرية[1، 17-19].

تم بحث الدليل المأخوذ من موقع سيروتي ماستودون بعناية، واستعراضه، وربما يكون دحضه أكثر صعوبة، حتى مع كون قصة أشباه البشر المقترَحة، والمستقاة من هذه البيانات، بها بعض الثغرات التي تحتاج أن تُسَدّ. وسوف يكشف الزمن عما إذا كان هذا الدليل سيُحْدِث تغييرًا نموذجيًّا في فَهْمنا لعمليات انتشار أشباه البشر واستيطانهم العالَم، أم لا، بما في ذلك في العالم الجديد الذي يبدو الآن ليس جديدًا تمامًا. ■

**إيريلا هوفرز** تعمل في معهد الآثار، الجامعة العبرية في القدس، القدس 91905، إسرائيل، وفي معهد الأصول البشرية، جامعة ولاية أريزونا، تمبي.
البريد الإلكتروني: hovers@mail.huji.ac.il

1. Meltzer, D. J. *First Peoples in a New World: Colonizing Ice Age America* (Univ. California Press, 2009).
2. Holen, S. R. *et al. Nature* **544,** 479–483 (2017).
3. Deméré, T. A., Cerutti, R. A. & Majors, C. P. *State Route 54 Paleontological Mitigation Program: Final Report* (San Diego Nat. Hist. Mus., 1995).
4. Isaac, G. L. & Crader, D. C. in *Omnivorous Primates: Gathering and Hunting in Human Evolution* (eds Harding, R. S. O. & Teleki, G.) 37–103 (Columbia Univ. Press, 1981).
5. Delagnes, A. *et al. J. Anthropol. Archaeol.* **25,** 448–465 (2006).
6. de la Torre, I. & Hirata, S. *Phil. Trans. R. Soc. Lond. B* **370,** 20140346 (2015).
7. van den Bergh, G. D. *et al. Nature* **529,** 208–211 (2016).
8. Leppard, T. P. & Runnels, C. *Antiquity* **91,** 510–519 (2017).
9. Skoglund, P. *et al. Nature* **525,** 104–108 (2015).
10. Skoglund, P. & Jakobsson, M. *Proc. Natl Acad. Sci. USA* **108,** 18301–18306 (2011).
11. Rasmussen, M. *et al. Nature* **506,** 225–229 (2014).
12. Hublin, J.-J. *Quat. Sci. Rev.* **118,** 194–210 (2015).
13. Stringer, C. *Phil. Trans. R. Soc. Lond. B* **371,** 20150237 (2016).
14. Leakey, L. S. B., De Ette Simpson, R. & Clements, T. *Science* **160,** 1022–1023 (1968).
15. Bischoff, J. L. *et al. Geology* **9,** 576–582 (1981).
16. Boëda, E. *et al. Antiquity* **88,** 927–941 (2014).
17. Bischoff, J. L., Ikeya, M. & Budinger, F. E. *Am. Antiquity* **49,** 764–774 (1984).
18. Haynes, V. *Science* **181,** 305–310 (1973).
19. Patterson, L. W., Hoffman, L. V., Higginbotham, R. M. & Simpson, R. D. *J. Field Archaeol.* **14,** 91–106 (1987).

علم الفلك

# شقيقات الأرض السبع

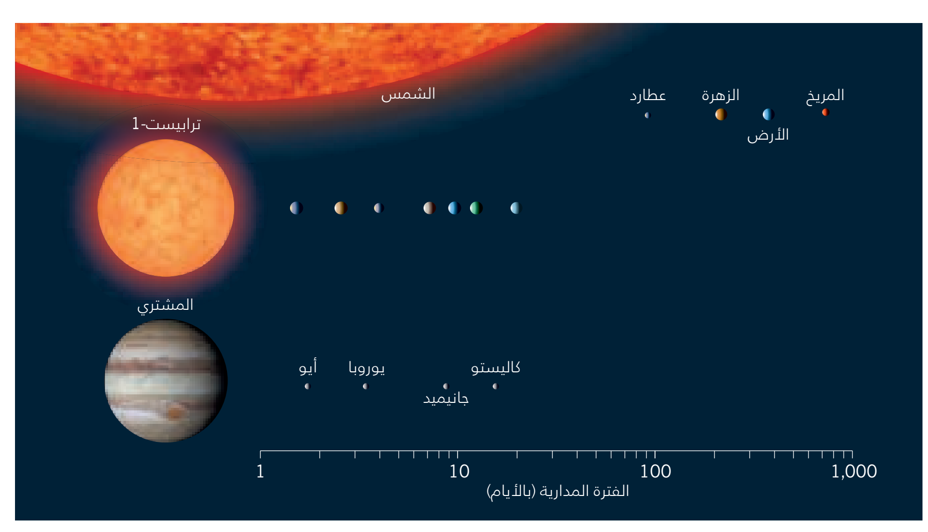
**رُصِدَت سبعة كواكب صغيرة تدور حول نجم قزم قريب منا، قد تحتوي على مياه سائلة على سطحها. وإذا كان هذا التكوين شائعًا في الأنظمة الكوكبية، فإن مجرّتنا قد تعج بكواكب عديدة شبيهة بالأرض.**

**إجناس إيه. جي. سنيلين**

إنّ غالبية النجوم في مجرة درب التبانة أصغر بكثير وباهتة، مقارنة بالشمس؛ فالنجوم منخفضة الكتلة - التي تُقَدَّر كتلتها بحوالي 80 مرة[1] كتلة كوكب المشتري - لها درجات حرارة داخلية عالية، بما يكفي لتحويل الهيدروجين إلى هيليوم، ولكن سطوع هذه النجوم أقل من واحد في الألف من سطوع الشمس. ويُعَدّ "ترابيست-1" أحد هذه النجوم، وهو يبعد عنا 12 فرسخًا فلكيًّا (39 سنة ضوئية)[2]. وفي العام الماضي، أعلن جيلون وزملاؤه[2] عن الكشف عن ثلاثة كواكب بحجم الأرض، تدور حول "ترابيست-1". وفي ورقة بحثية نشرتها دورية *Nature*، أوضح المؤلفون[3] أن للنجم - في الواقع - سبعة كواكب، جميعها ذات كتل وأحجام مقارِبة للأرض.

وخلال العقد الماضي، تم اكتشاف آلاف الكواكب خارج النظام الشمسي، باستخدام طريقة تُسمى "قياس الضوء العابر". فعندما يمر (يعبر) الكوكب أمام نجمه المضيف؛ يتم حجب كمية صغيرة من الضوء النجمي؛ وبالتالي يُكشف ذلك الكوكب، وتتوفر معلومات عن حجمه. تُعَدّ النجوم منخفضة الكتلة أهدافًا جيدة في البحث عن كواكب بحجم الأرض، لأن جزءًا كبيرًا من سطح النجم يتم حجبه خلال العبور؛ مما يجعل هذه الكواكب أسهل في الكشف عنها.

في عام 2010، بدأ جيلون وزملاؤه رصد أصغر النجوم في محيط الشمس، وذلك باستخدام تليسكوب آلي خاص، قطره 60 سنتيمترًا، يُسمى ترابيست ( وهو اختصار لتليسكوب




**الشكل 1 | النظام الكوكبي "ترابيست1-".** اكتشف جيلون وزملاؤه[3] سبعة كواكب بحجم الأرض، في مدارات حول النجم القزم القريب "ترابيست-1". نرى في الشكل الفترات المدارية المُقاسَة للكواكب، بالمقارنة بتلك التي للأقمار الجاليلية التابعة لكوكب المشتري، وتلك التي للكواكب الداخلية الأربعة في النظام الشمسي. وأحجام جميع الأجرام في الشكل متناسبة تقريبًا مع الحجم الأصلي.

صغير للكويكبات والكواكب العابرة Transiting Planets and Planetesimals Small Telescope) في شيلي. وبعد اكتشافهم[2] المبدئي لترابيست-1، قام الباحثون بمراقبات أرضية مُرَكَّزة للنجم، إضافة إلى 20 يومًا من الرصد المستمر، باستخدام تليسكوب "سبيتزر" الفضائي، التابع لـ"ناسا". وفي الورقة البحثية الحالية، يقدِّم جيلون وزملاؤه دليلًا على 34 عبورًا واضحًا، يعزونها إلى ما مجموعه سبعة كواكب (الشكل 1).

أظهرت نتائج الباحثين أن نظام "ترابيست-1" صغير، ومسطَّح، ومنظَّم للغاية، حيث تتميز الكواكب الداخلية الستة بفترات مدارية بين 1.5 و13 يومًا، مما يجعلها كلها في حالة "شبه رنانة"، في الوقت نفسه الذي يقطع فيه الكوكب الأقرب إلى النجم ثماني دورات، وتقطع الكواكب الثاني، والثالث، والرابع، ما عدده خَمْس دورات، وثلاث دورات، ودورتان حول النجم، على التوالي. ويتسبب هذا الترتيب في تأثر الكواكب بجاذبية دورية على بعضها البعض. وتَنْتُج عن ذلك تغيرات صغيرة في أزمنة العبور التي تمت ملاحظتها، استخدمها الباحثون لتقدير كتل الكواكب.

يُذَكِّرنا هذا النظام الكوكبي - بشكل لافت للنظر - بكوكب المشتري وأقماره الجاليلية، مع أن كتلتها ازدادت بمُعَامِل يبلغ حوالي 80. يدور كل من أيو، ويوروبا، وجانيميد، وكاليستو حول كوكب المشتري بفترات تتراوح بين 1.7، و17 يومًا، وهي أيضًا في حالة شبه رنين. ويشير هذا التشابه إلى أن كواكب "ترابيست-1" والأقمار الجاليلية قد تشكلت وتطورت بطريقة مشابِهة[4].

ظهرت في السنوات القليلة الماضية أدلّة متزايدة[5،6] على وجود كواكب بحجم الأرض بوفرة في المجرّة، ولكنّ نتائج جيلون وزملائه تشير إلى أن هذه الكواكب أكثر شيوعًا مما كان يُعتقد سابقًا. فبناء على المنطق الهندسي، نتوقع أن لكل كوكب عابر تم اكتشافه، ينبغي أن يكون هناك العديد من الكواكب المشابِهة (20 – 100 مرة أكثر) التي يمكن أن تُرى من الأرض، لكنها لم تمر أمام نجمها المضيف بعد. بالطبع، قد يكون هؤلاء الباحثون محظوظين، ولكنّ رَصْد عبور سبعة كواكب بحجم الأرض في عينة صغيرة كهذه يشير إلى أن النظام الشمسي - بكواكبه الأربعة ذات الأحجام المشابهة لحجم الأرض - ربما لا يكون استثنائيًّا.

سيَشْرع جيلون وزملاؤه قريبًا في البحث عن كواكب تدور حول أصغر النجوم القريبة من الشمس، ضمن مشروع "سبيكولوس" SPECULOOS (البحث عن كواكب صالحة للحياة، تعبر أمام نجوم بالغة البرودة، انظر: go.nature.com/2l8bfpv)، حيث سيستخدمون أربعة تليسكوبات أرضية، قطرها متر واحد؛ مما سيزيد عيِّنة النجوم محل الدراسة عشر مرات. وإضافة إلى ذلك.. تخطط "ناسا" لإطلاق "تيس" TESS (القمر الصناعي الاستقصائي للكواكب الخارجية العابرة)، وهو تليسكوب فضائي سيمضي عامين في مهمة لتحديد الكواكب التي تدور حول أكثر من 200,000 من ألمع النجوم في السماء، بما في ذلك حوالي 10,000 نجم قزم[7]. وعلى الرغم من أنه لن يكون من بين النجوم التي سيرصدها "تيس" أي نجم في مثل صِغَر حجم "ترابيست-1"، فإن الأرصاد عالية الدقة التي سيتم الحصول عليها في الفضاء ستعوِّض إشارات قياس الضوء الأضعف، وستسمح بتعيين دقيق لتجمُّعات كوكبية بحجم الأرض حول هذه النجوم.

الأمر المثير للدهشة هو أننا سنستكشف قريبًا أجواء الأخوات السبع لكوكب الأرض، في مدارهن حول "ترابيست-1"، حيث من المقرر في العام المقبل إطلاق تليسكوب "جيمس ويب" الفضائي، القادر على كشف مكونات الغلاف الجوي، والانبعاثات الحرارية للكواكب[8]؛ ومن ثم تعيين تكوينها، ومناخها، على التوالي. ومن الممكن أن تكون المياه السائلة موجودة - أو كانت موجودة - على أي من كواكب "ترابيست-1"[9]، ولكن من الصعب التكهن الآن. وعلى سبيل المثال، رغم أن كثافة الكواكب التقديرية تتفق مع كونها مماثلة في تكوينها للأرض، إلا أنها قد تكون غنية بالمواد سريعة التغير (باحتوائها على نسبة كبيرة من الماء والثلوج)، مثل الأقمار الجاليلية.

نعلم أيضًا من أقمار المشتري أن التسخين الداخلي للكوكب، الناتج عن الاحتكاك الذي يسببه المَدّ والجَزْر، يمثل عاملًا حاسمًا في التنبؤ بمناخ تلك الكواكب. ويُعَدّ هذا التأثير هو المسؤول عن النشاط البركاني واسع النطاق على القمر "أيو"، وهو السبب وراء الاعتقاد بأن "يوروبا" قد يحتوي على محيط من المياه تحت سطحه. لذلك مِن المتوقع وجود تسخين مَدِّيّ في الكواكب التابعة لترابيست-1، لأنها في مدارات شبة رنينية.

والسؤال الآن.. هل يمكن أن يُؤوي أي من تلك الكواكب حياة؟ ببساطة، نحن لا نعرف، ولكنْ هناك شيء واحد مؤكد؛ فبعد بضعة مليارات من السنين، عندما تستنفد الشمس وقودها، وينهار النظام الشمسي، سوف يظل "ترابيست-1" نجمًا فتيًّا، إذ إنه يحرق الهيدروجين ببطء شديد؛ سوف يُمَكِّنه من أن يعيش لمدة 10 تريليونات سنة أخرى (المرجع 10)، أي أطول بأكثر من 700 مرة من عمر الكون حتى الآن. لذلك يمكن القول إن لديه من الزمن ما يكفي لنشأة الحياة عليه. ■

**إجناس إيه. جي. سنيلين** يعمل في مرصد لايدن، جامعة لايدن، RA 2300 لايدن، هولندا.
البريد الإلكتروني: snellen@strw.leidenuniv.nl

1. Kumar, S. S. *Astrophys. J.* **137,** 1121–1125 (1963).
2. Gillon, M. *et al. Nature* **533,** 221–224 (2016).
3. Gillon, M. *et al. Nature* **542,** 456–460 (2017).
4. Goldreich, P. & Tremaine, S. *Astrophys. J.* **241,** 425–441 (1980).
5. Berta, Z. K., Irwin, J. & Charbonneau, D. *Astrophys. J.* **775,** 91 (2013).
6. Dressing, C. D. & Charbonneau, D. *Astrophys. J.* **807,** 45 (2015).
7. Sullivan, P. W. *et al. Astrophys. J.* **809,** 77 (2015).
8. de Wit, J. *et al. Nature* **537,** 69–72 (2016).
9. Leconte, J. *et al. Astron. Astrophys.* **554,** A69 (2013).
10. Laughlin, G., Bodenheimer, P. & Adams, F. C. *Astrophys J.* **482,** 420–432 (1997).

تقنيات حيوية

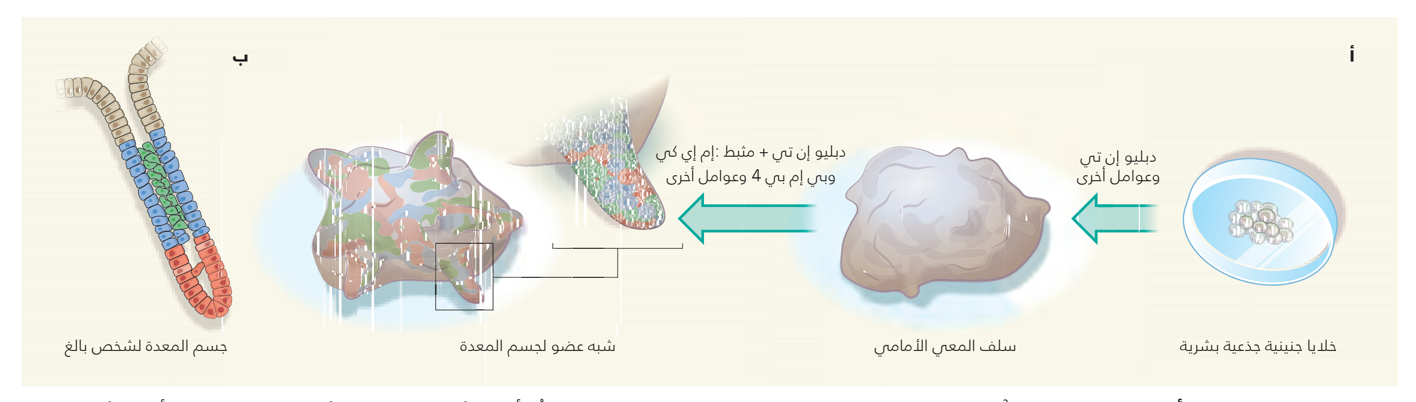
# زراعة معدة في المختبر

**تطوير ميثاق لزراعة هياكل تشبه الجزء الأساسي في المعدة داخل المختبر باستخدام الخلايا الجينية الجذعية البشرية – خطوة للأمام تمدنا بمعلومات جذرية عن تطور المعدة.**

**جوسيه بي سينز وجيسون سي ميلز**

في أثناء تطور الجنين، تنمو المعدة البشرية لتكون منطقتين متميزتين تشريحيًّا[1]، هما جسم المعدة وغار المعدة. وعلى الرغم من أن كل منطقة منهما تتبع مسار تطور مختلفًا عن الأخرى، ظلت الإشارات التي تتحكم في هذه المسارات غير واضحة. في دراسة حديثة نُشرت في دورية *Nature* يصف مككراكن وزملاؤه[2] تقنية مفصلة لتوجيه الخلايا الجنينية الجذعية البشرية، والتي باستطاعتها النمو لتكوين كل الأعضاء الناضجة، بحيث تكتسب الملامح الوظيفية والهيكلية لجسم المعدة البشرية. من ثَم، تمكَّن المؤلفون من إعادة بناء جوانب متعددة من تطوُّر المعدة البشرية في المختبر بالكامل، الأمر الذي يوفر نظرة متعمقة على الأساس الجزيئي لتكوين جسم المعدة.

يمثل جسم المعدة الجزء الأكبر منها، ومكوناته الأساسية هي غدد تحتوي على خلايا رئيسية، تفرز الإنزيمات الهاضمة، وخلايا جدارية وفيرة منتجة للحمض. بينما يتكوَّن غار المعدة بالأساس من خلايا منتجة للمخاط وخلايا غدد صماء مفرزة للهرمونات. مؤخرًا، جرى تطوير تقنيات لزراعة أشباه أعضاء




**الشكل 1 | نمو جسم معدي. أ.** يسجل مكراكن وزملاؤه[2] طريقة تسمح بتحويل الخلايا الجذعية الجنينية البشرية إلى هياكل نسيجية ثلاثية الأبعاد تسمى بأشباه الأعضاء تشبه جزءًا من المعدة يعرف باسم الجسم المَعِدي. تحث بروتينات WNT، ضمن عوامل أخرى، الخلايا الجذعية لتنتج أسلاف المعي الأمامي- وهي منطقة أنبوب المعي الجنيني التي تتحول إلى المعدة داخل الجسم. يعمل التنشيط المتواصل لبروتين WNT، إضافة إلى تثبيط مسار MEK التأشيري وإضافة بروتين BMP4، على تحفيز تكوُّن أشباه الأعضاء التي تشابه الأجسام المعدية. تحتوي أشباه الأعضاء هذه على كل أنواع الخلايا المبطنة الموجودة في غدد جسم المعدة الناضج داخل الجسم، وتشمل الخلايا الجدارية المفرزة للحمض (باللون الأزرق)، الخلايا الرئيسية الهاضمة للإنزيمات (باللون الأحمر)، وخلايا الغدد الصماء (اللون الوردي)، والخلايا المخاطية (اللون الأخضر). **ب.** غدة واحدة لجسم معدة من شخص بالغ لغرض المقارنة.

لكلٍّ من جسم وغار المعدة[3] في المختبر- الأمر الذي يعني الحصول على تجمُّع ثلاثي الأبعاد من الخلايا يعكس الخصائص الهيكلية والتنوُّع الخلوي للأعضاء[4]. وتقدم لنا أشباه الأعضاء البشرية فرصًا للقيام بتجارب يصعب أو يستحيل إجراؤها في النماذج الحيوانية؛ لأنها تسمح للعلماء بدراسة ملامح حيوية لا توجد إلا لدى البشر أو حتى عند أفراد محددين.

تمكنت المجموعة التي أجرت الدراسة الحالية من زراعة عضو شبيه بغار المعدة من الخلايا الجنينية الجذعية البشرية[5]. لكن، إلى الآن تتم زراعة الأعضاء الشبيهة بالجسم المَعِدي مباشرةً باستخدام الخلايا المعدية البشرية الناضجة فقط[7,6]. هذه الخلايا "تَعرف" مسبقًا أنها خلايا معدية، وتتبنى بصورة تلقائية خصائص جسم المعدة، لذا لا يمكن استخدامها كنماذج لتطوُّر المعدة في الأجنة.

واجه المؤلفون تحديين رئيسيين في محاولاتهم لزراعة أعضاء شبيهة بالجسم المَعِدي من الخلايا الجذعية الجنينية البشرية. أولًا: لم يكن أحد يعرف كيف يتم تنظيم البروتينات المخصصة لجسم المعدة النامي زمانيًّا ومكانيًّا. ثانيًا: -وربما كان هذا هو الأمر الأكثر أهمية- ظلت الطريقة التي يمكن أن تستحث أو تحافظ بها على الخلايا الجدارية (التي توجد في البداية عند أشباه الأعضاء المشتقة من الخلايا الناضجة، ثم تموت فيما بعد) أمرًا مجهولًا.

من أجل التصدي للتحدي الأول، عمل مكراكن وزملاؤه على دراسة أجنة الفئران، الأمر الذي مكّنهم من متابعة كل خطوات نمو جسم المعدة والتحكُّم فيها بغرض تحديد العوامل اللازمة لهذه العملية. كشفت دراستهم عن وجود ثلاثة من عوامل النسخ، يتم ترميزها بواسطة الجينات *Irx2* و*Irx3* و*Irx5*، والتي تميِّز جسم المعدة من غارها في أثناء نمو المعدة. اكتشف المؤلفون كذلك دور مسار دبليو إن تي-بيتا-كاتنين التأشيري. عادةً ما يعتمد تطوُّر الأعضاء على التعبير الزماني والمكاني للمسارات التأشيرية التي تميِّز عضوًا ما من غيره، ويؤدي مسار WNT-بيتا-كاتنين التأشيري دورًا محوريًّا في التمايُز والتكاثُر الخلوي في الأعضاء النامية الأخرى.

استخدم مكراكن وزملاؤه كذلك الهندسة الوراثية من أجل حذف بروتين بيتا-كاتنين من الخلايا الجدارية المبطنة للمعدة النامية في الفئران. أشارت دراسة سابقة[8] إلى أن التأثير الذي تُحدِثه الإشارات التي يرسلها WNT خلال نمو المعدة قمعي كليًّا، بمعنى أنه يثبط نمو الغار المَعِدي في ذات الوقت الذي يشجع فيه نمو الأمعاء التي تجاوره. وجد المؤلفون أيضًا أن حذف البيتا-كاتنين قاد إلى نمو جسم مَعِدي أصغر وأقل انتظامًا، الأمر الذي يدل على وجود دور إضافي لـWNT وهو تشجيع توسُّع جسم المعدة على حساب غارها.

من أجل إنتاج أعضاء شبيهة بجسم المعدة البشري، استخدم مكراكن وزملاؤه ميثاقًا مُتَّبعًا[5] لتوجيه الخلايا الجنينية الجذعية البشرية بحيث تنتج الهيئة الأولية للمعدة (المعي الأمامي)، وذلك عن طريق تعريضها لمجموعة متنوعة من عوامل النمو. لكن لم يحدث من قبل أن يتم توجيه الأعضاء الشبيهة بالمعي الأمامي لتنمو وتصبح جسم معدة يكتسي بالخلايا الرئيسية والجدارية المُمَيِّزة لهذه المنطقة، بسبب أن آلية التأشير التي تميِّز نمو الخلايا الجدارية لم تكن معروفة. من أجل التغلُّب على هذه العقبة، عالج الباحثون أشباه الأعضاء بمجموعة متعددة من العقاقير، وبحثوا عن المركبات التي تعزِّز تمايُز الخلايا الجدارية. زاد التثبيط المؤقت لمسار MEK التأشيري من تعبير الجينات الخاصة بالخلايا الجدارية، كما عززت المعالجة باستخدام بروتين عامل النمو BMP4 من هذا التأثير (الشكل 1).

تُعَد هذه الدراسة علامة فارقة في توضيح تتابُع الإشارات عالية التنظيم التي تتحكم في نمو جسم المعدة عند البشر. غير أن أشباه الأعضاء تماثل معدة الجنين وليس لديها الشكل المتمايز كليًّا لجسم المعدة الناضج، مما يترتب عليه عدم صلاحيتها للاستخدام الإكلينيكي في الطب التجديدي أو كنماذج تجريبية (لدراسة التفاعلات بين الخلايا الطلائية والميكروبات، على سبيل المثال).

على سبيل المثال، تبدو الخلايا الرئيسية في أشباه الأعضاء غير ناضجة. كما أن الدورات المتعاقبة من التمرير -وهي عملية يقسم فيها شبه العضو ويُنقَل إلى أطباق نسيجية جديدة، بغرض تفادي النمو الزائد في الطبق الواحد- قادت إلى فقدان تدريجي للخلايا الجدارية، ولم تفلح الوصفة التي استخدمها الباحثون (المعالجة بمثبط MEK وBMP4) في إعادة تحفيز النمو. وهذه النقيصة مهمة؛ لأن عملية التمرير مهمة لتكاثُر المجموعة الصغيرة من الخلايا الابتدائية من فرد ما، من أجل إنتاج كمية كافية من أشباه الأعضاء لأغراض تجريبية أو إنتاج الأنسجة لاستخدامها في عمليات الزرع. تمت البرهنة[9] على أن أشباه الأعضاء المعوية المشتقة من الخلايا الجنينية الجذعية تمر بمرحلة نمو إضافية حين تُزرَع تحت كلية فأر (وهذا موضع ملائم لنمو أشباه الأعضاء)، مما يقترح أن نضجها يحتاج إلى جزيئات تأشيرية لا توجد في المزارع المعملية. لكن مكراكن وزملاؤه لم يقوموا بزراعة أشباه الأعضاء بهذه الطريقة. غير أنه ليس من الواضح بعد ما إذا كانت طريقتهم سوف تقود في نهاية المطاف إلى نضج إضافي.

وعلى الرغم مما سبق، يظل لهذا البحث آثار مهمة على دراسة الخلايا الطلائية المعدية السليمة وكيف تستجيب للإصابات. فعلى سبيل المثال، يمكن للخلايا الطلائية الناضجة في الجسم المَعِدي للبالغين أن تمر بإعادة برمجة بحيث تصبح أقل نضجًا وتمايزًا استجابةً للإصابات[10] من أجل إعادة بناء النسيج الطلائي. تعتمد هذه العملية التجديدية على التنظيم المنسَّق لمسارات النمو التأشيرية. وبالتعرُّف على بعض تلك الإشارات التي تظهر في عملية النمو الطبيعي، قد تتمكن الدراسة من تقديم تفسير متعمِّق لآلية حدوث عملية الإصلاح المذكورة.

أحد الأمور بالغة الأهمية، هي كيفية استجابة المعدة للفقدان التدريجي للخلايا الجدارية. كما هو الحال في مرض التهاب المعدة ذاتي المناعة الذي يتسبب في مهاجمة خلايا الجسم المناعية للخلايا الجدارية وقتلها. من ناحية أخرى، يزيد فقدان الخلايا الجدارية عند الإصابة بعدوى بكتيريا *Helicobacter pylori* من خطر الإصابة بسرطان المعدة[11]. ويمكن للنتائج التي توصل إليها مكراكن وزملاؤه أن تمدنا بمعلومات عن كيفية تحفيز أو تثبيط مسارات النمو التي تتحكم في إعادة بناء الخلايا الجدارية في الجسم المعدي في هذه الحالات الالتهابية المزمنة. تلك النتائج قد تعين الباحثين في التعرُّف على أنواع الخلايا التي تعمل كمصادر للعوامل الضرورية التي تنظم هذه المسارات. ومع النمو المتزايد لصندوق أدواتنا الجزيئية بفضل مجهودات مكراكن وزملائه وأمثالهم، يمكننا أن نشرع في استكشاف هذه المجاهيل الأساسية. ■

**جوسيه بي سينز** و**جيسون سي ميلز**: يعملان في قسم طب الجهاز الهضمي، في كلية الطب جامعة واشنطن، سانت لويس، ميزوري، الولايات المتحدة الأمريكية. كما يعمل جيسون سي ميلز في قسمي البيولوجيا التطورية وعلم الأمراض والمناعة، كلية الطب بجامعة واشنطن.

البريد الإلكتروني: jmills@wustl.edu

1. Willet, S. G. & Mills, J. C. *Cell. Mol. Gastroenterol. Hepatol.* **2,** 546–559 (2016).
2. McCracken, K. W. *et al. Nature* **541,** 182–187 (2017).
3. Schweiger, P. J. & Jensen, K. B. *Curr. Opin. Cell Biol.* **43,** 22–29 (2016).
4. Sato, T. & Clevers, H. *Methods Mol. Biol.* **945,** 319–328 (2013).
5. McCracken, K. W. *et al. Nature* **516,** 400–404 (2014).
6. Schlaermann, P. *et al. Gut* **65,** 202–213 (2016).
7. Bartfeld, S. *et al. Gastroenterology* **148,** 126–136 (2015).
8. Noguchi, T.-A. K. *et al. Nature Cell Biol.* **17,** 984–993 (2015).
9. Watson, C. L. *et al. Nature Med.* **20,** 1310–1314 (2014).
10. Mills, J. C. & Sansom, O. J. *Sci. Signal.* **8,** re8 (2015).
11. El-Zimaity, H. M. T., Ota, H., Graham, D. Y., Akamatsu, T. & Katsuyama, T. *Cancer* **94,** 1428–1436 (2002).



تُطبع المجلة بدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية

# ملخصات الأبحاث

علم البيئة

## أنماط الغطاء النباتي المنتظم

تنتشر أنماط الغطاء النباتي المتناسقة ذاتية التنظيم بشكلٍ واسع، ويُعتقد أنها تلعب دورًا في وظائف النظام البيئي، مثل الإنتاجية، والقوة، غير أن الآليات الكامنة وراء منشأها وبقائها لا تزال محل جدال. ومن بين أكثر العوامل المثيرة للجدل..تلك المناظر الطبيعية ذات العناصر فائقة الانتشار، التي تفصل بينها مسافات متساوية، مثل تلال "ميما" في أمريكا الشمالية، وتلال "مورندوس" في البرازيل، وتلال "هيولتجي" في جنوب أفريقيا، وأشهرها دوائر الجن في ناميبيا. وهناك فرضيتان متنافستان، تسيطران على ساحة النقاش في هذا الشأن، فمن ناحية، يمكن لنماذج الاستجابات المعتمِدة على النطاق، التي تساعد النباتات فيها جيرانها، بينما تتنافس مع الأفراد البعيدين، إعادة إنتاج أنماط منتظمة متنوعة، ظهرت في صور الأقمار الصناعية. ونظرًا إلى الجذور النظرية العميقة والشمولية الظاهرة، يُنظر إلى الاستجابات المعتمدة على النطاق - بصورة عامة - على أنها قاعدة موحدة وشبه عالمية لتكوُّن الأنماط المنتظمة، رغم نقص الأدلة التجريبية. ومن ناحية أخرى، فقد أرجع البعض العديد من أنماط الغطاء النباتي فائقة الانتشار على مستوى العالم إلى مُهَنْدسي النظام البيئي، الذين يعيشون تحت الأرض، مثل الأَرَضات، والنمل، والقوارض. وعلى الرغم من الاتساق المحتمل لهذا التفسير مع فرضية التنافس على المناطق، فقد ظهر نظريًّا وتجريبيًّا ما يناقضه، وعلى عكس الاستجابات المعتمِدة على النطاق، فإنه يفتقر إلى نظرية ديناميكية موحدة، مما يغذي الشكوك التي تحيط بصحته وشموليته. يقدِّم الباحثون في هذه الدراسة أساسًا نظريًّا عامًّا للتنظيم الذاتي لمستعمرات الحشرات الاجتماعية، تَمّ التحقق منه باستخدام بيانات من أربع قارات، توضح أن المنافسة بين أفراد النوع الواحد من الحيوانات التي تستوطن إقليمًا محددًا قد تولِّد الانتظام سُداسيّ الشكل واسع النطاق لهذه الأنماط، غير أن هذه الآلية لا تتعارض مع فرضية الاستجابات المعتمِدة على النطاق. وباستخدام دوائر الجن في صحراء ناميب كدراسةِ حالة، يقدِّم الباحثون بيانات ميدانية توضح أن هذه المناظر الطبيعية تُظهِر أنماطًا متعددة النطاقات، لم يسبق توثيقها في هذا النظام، ولا يمكن تفسيرها بأيٍّ من الآليَّتَين منفردة. فهذه الأنماط متعددة النطاقات – إضافة إلى خصائصها الناشئة الأخرى، مثل المقاومة المُحَسِّنة للجفاف، والقدرة على التعافي منه -تنشأ- بدلًا من هذا - من التفاعلات الديناميكية في الإطار النظري الذي وضعه الباحثون، والذي يجمع بين الآليَّتَين. ويؤكد المدى العالمي المحتمَل لانتظام الغطاء النباتي الذي تسبب فيه الحيوانات – والذي بإمكانه تعديل عمليات التنميط الأخرى بطرق ذات أهمية وظيفية- على الحاجة إلى تضمين آليات متعددة للتنظيم الذاتي البيئي.

**C. Tarnita *et al*.**

***Nature* (2017) doi:10.1038/nature20801**

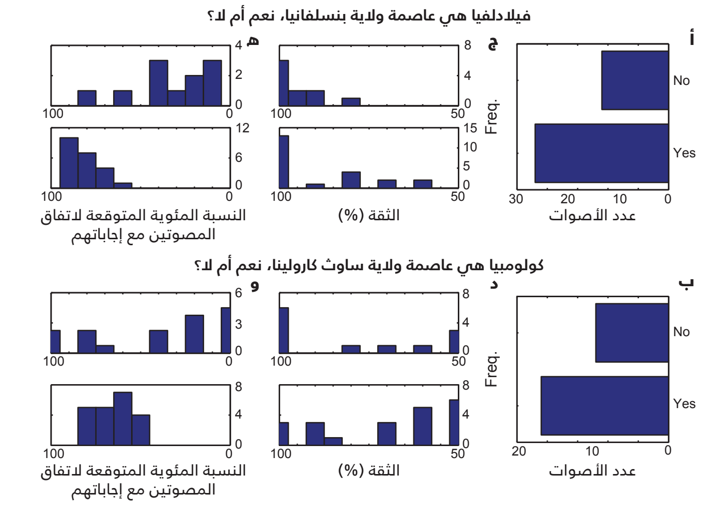
سلوك البشر

## استنباط حكمة الجماهير من سؤال

رغم أنها في وقتٍ ما كانت تُعتبر فكرة استفزازية، إلا أن فكرة أن حكمة الجماهير تغلب على حكمة الفرد أصبحت في حد ذاتها حكمةً جماهيرية؛ ما أدَّى إلى ظهور تكهنات بأن التصويت عبر الإنترنت قد يضع خبراء معتمدين خارج الخدمة في وقت قريب. تشمل التطبيقات الحديثة وضع تنبؤات سياسية واقتصادية، وتقييم السلامة النووية، وكذلك السياسات العامة، وجودة المسابير الكيميائية، والاستجابات الممكنة لبركان نشط. وعادةً ما تقوم خوارزميات استنباط الحكمة من الجماهير على إجراءات تصويت ديمقراطية، وهي بسيطة في التطبيق، وتحافظ على استقلال الحكم الشخصي، بيد أن الأساليب الديمقراطية تحدُّها قيود شديدة.. فهي تنحاز إلى المعلومات السطحية ذات القاسم المشترك الأصغر، على حساب المعرفة الجديدة من نوعها، أو المتخصصة، التي لا تتم مشاركتها على نطاق واسع. ولا تستطيع التعديلات التي تتم بناءً على قياس مدى الثقة حلّ هذه المشكلة بشكل موثوق به. ومن ثم، اقترح الباحثون بديلًا من أجل تصويت ديمقراطي: اختر الإجابة الأكثر شعبية من توقعات الناس. يبين الباحثون أن هذا المبدأ ينتج الإجابة الأفضل، في ظل افتراضات معقولة حول سلوك الناخب، في حين فشلت المبادئ القياسية "الأكثر شعبية" - أو "الأكثر ثقة" - في ظل تلك الافتراضات نفسها. وكما هو الحال في أساليب التصويت التقليدية، يقبل المبدأ المشكلات الفريدة من نوعها، مثل قرارات اللجان حول الجدارة العلمية أو الفنية، والخلافات القانونية، أو التاريخية. وبالتالي، فإن مجال التطبيق المحتمَل أوسع من ذلك الذي يغطيه تعلُّم الآلة، وكذلك القياسات النفسية، التي تتطلب بيانات يتم استنباطها من خلال أسئلة متعددة.

**D. Prelec *et al*.**

***Nature* (2017) doi:10.1038/nature21054**




**الشكل أسفله | سؤالان نموذجيّان من الدراسة 1c، المذكورة في النصّ. أ:** رأي الأغلبيّة غير صحيح في السؤال (ف). **ب:** رأي الأغلبيّة صحيح في السؤال (ك). **ج، د:** أبدى المصوِّتون نسب ثقتهم في صحّة إجاباتهم ما بين 50% (احتمال) إلى 100% (تأكيد). لم يُغَيِّر ترجيح الأصوات بنسبة الثقة من رأي الأغلبيّة، حيث كان المصوِّتون على كلتا الإجابتين متساويين في ثقتهم تقريبًا. **هـ:** توقع المصوِّتون تكرار تصويتهم بنعم، معروض بالنسبة المئوية المتوقعة لاتفاقهم مع إجاباتهم هم. يعتقد المجيبون بنعم أن أغلب المصوتين الآخرين سيتفقون معهم، بينما أغلب المصوتين بلا يعتقدون أن أغلب المصوتين الآخرين سيختلفون معهم. تتجاهل الإجابة الأكثر شيوعًا الأصوات الأسهل في توقع إجاباتها، ما يقلب الرأي النهائيّ غير الصحيح للأغلبيّة في السؤال (ف). **و:** التوقعات متماثلة تقريبًا، وبالتالي فإن الإجابة الأكثر شيوعاً لا تقلب الرأي النهائيّ الصحيح للأغلبيّة في السؤال (ك).

علم الفلك

## انفجار راديوي سريع

الانفجارات الراديوية السريعة هي بمثابة ومضات راديوية فلكية ذات طبيعة فيزيائية غير معروفة، وذات فترات زمنية تُقاس بالملّي ثانية. وتشير أزمنة وصولها المتفرقة إلى أن مصدرها خارج المجرّة، وتدل ضمنيًّا على سطوع راديوي أكبر بعدة رُتَب أُسِّيَّة من جميع الموجات الراديوية العابرة القصيرة المعروفة. وحتى الآن، تم اكتشاف كل الانفجارات الراديوية السريعة باستخدام تليسكوبات كبيرة الحجم، أحادية الطبق، ذات تحديات مكانية بالدقائق القوسية، وكانت محاولات تحديد نظائرها – المصدر، أو المجرة المضيفة - تعتمد على التغير المتزامن للمصادر الحقلية، أو وجود نجوم أو مجرّات وحيدة غريبة، لكن لم تسفر هذه المحاولات عن ارتباط واضح بمَضِيف أو نظير متعدد الأطوال الموجية. ومؤخرًا، قدَّم الباحثون تقريرًا عن تحديد مكان بدقة

دون الثانية القوسية للانفجار الراديوي السريع، المعروف باسم FRB 121102، وهو المصدر الوحيد المتكرر المعروف للانفجارات، وذلك باستخدام عمليات رصد بمقياس تداخل راديوي عالي الدقة الزمنية، يصور هذه الانفجارات بشكل مباشر. ويكشف التحديد الدقيق للمكان أن FRB 121102 ينشأ في نطاق 100 ملِّي ثانية قوسية من مصدر راديوي خافت مستمر، بكثافة 180 "ميكروجانسكي"، وبطيف متصل يبدو متسقًا مع الانبعاثات غير الحرارية، ونظير ضوئي خافت (الدرجة الخامسة والعشرين). وتتباين كثافة تدفق المصدر الراديوي المستمر بنحو عشرة في المئة في فترة زمنية مقدارها يوم، ويسفر التداخل الراديوي بخط قاعدي طويل للغاية عن حجم زاوي يبلغ أقل من 1.7 ملِّي ثانية قوسية. وتتعارض عمليات الرصد هذه مع الانفجارات الراديوية السريعة ذات المصدر المَجَرِّي، أو التي يقع مصدرها ضمن مجرّة بارزة مكونة للنجوم. وبدلًا من ذلك.. يبدو أن المصدر يشترك في الموقع مع نواة مجرّة نشطة ذات سطوع منخفض، أو نوع غير معروف سابقًا من المصادر خارج المجرّة. وقد كان تحديد المكان، والتعرف على المضيف - أو النظير - أمرًا ضروريًّا لفهْم أصول وفيزياء الأنواع الأخرى من الأحداث العابرة، بما في ذلك انفجارات أشعة جاما، واضطرابات أحداث المّد والجَزْر. ومع ذلك.. إذا كانت الانفجارات الراديوية السريعة الأخرى لها نظائر بصرية وراديوية خافتة مماثلة، فإن النتائج التي توصَّل إليها الباحثون تشير إلى أن التحديد المباشر للمكان بدقة دون الثانية القوسية قد تكون الطريقة الوحيدة لتقديم علاقات ارتباط موثوقة.

**S. Chatterjee *et al*.**
***Nature* (2017) doi:10.1038/ nature20797**

**جينوم**

## التسلسل الجيني للكينوا

نبتة الكينوا *Chenopodium quinoa* هي حبوب عالية القيمة الغذائيّة، تُعْرَف بأنها محصولٌ مهمّ لتحسين الأمن الغذائيّ العالمي، لكن لسوء الحظ.. لم يتوافر الكثير من الموارد التي تُسَهِّل تحسينها جينيًّا. والآن، يسجّل الباحثون تجميع تتابع جينوم مرجعيّ عالي الجودة على مستوى الكروموسوم للكينوا، أُنْتِجَ باستخدام التسلسل الآنيّ بالجزيئات المنفردة، مع خرائط بصريّة، وخرائط اتصال الكروموسوم، وخرائط جينيّة. كما يسجّل الباحثون تتابع اثنين من ثنائي الصيغة الصبغيّة من مجمع جينات أسلاف الكينوا؛ مما يتيح تحديد الجينومات الفرعيّة في النبات، إضافة إلى تتابُع جينوميّ منخفض التغطية لـ22 عينة أخرى من مركب قدم الإوزة رباعي الطاقم الصبغيّ. لقد يَسَّر التتابع الجينوميّ تحديد عامل النسخ الذي يرجِّح قدرته على التحكم في إنتاج الصابونين شبيه التريبانات الثلاثية مضاد التغذية، الموجود في حبوب الكينوا، بما في ذلك طفرة يبدو أنها تتسبب في تضفير بديل، والتوقف المبكر للشفرات الوراثية في سلالات الكينوا الحلوة. إن هذه الموارد الجينوميّة هي خطوة أولى مهمّة في اتجاه التحسين الجينيّ للكينوا.

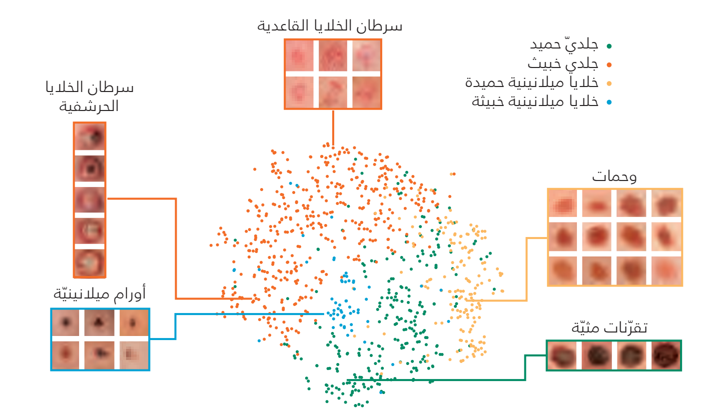
**D. Jarvis *et al*.**
***Nature* (2017) doi:10.1038/ nature21370**

**علوم الصحة**

## آلة ترصد سرطان الجلد

يجري تشخيص سرطان الجلد، ذلك الورم البشري الخبيث الأكثر شيوعًا، بصريًا في المقام الأول، بدءًا بفحص سريري أولي يتبعه فحص بالمنظار الجلدي، ثم أخذ عينة من الجلد وفحص الأنسجة. ويعد التصنيف الأوتوماتيكي للتغيرات الجلدية الشاذة باستخدام الصور مهمة مليئة بالتحديات نظرًا للاختلاف الدقيق في مظهر تلك التغيرات الشاذة. تُظهر الشبكات العصبية التلفيفية العميقة إمكانات للعديد من المهام العامة والمختلفة بشدة عبر فئات الأهداف المختلفة اختلافًا دقيقًا. والآن يوضح الباحثون تصنيف للتغيرات الجلدية الشاذة باستخدام شبكة عصبية تلفيفية فردية، تم تدريبها على جميع المراحل من الصور مباشرة، وذلك باستخدام البكسلات ومسميات الأمراض فقط كمدخلات. حيث قام الباحثون بتدريب الشبكة العصبية التلفيفية باستخدام مجموعة بيانات من 129,450 صورة إكلينيكية – وهو عدد أكبر برتبتين أسيتين من مجموعات بيانات سابقة – تتكون من 2032 مرضًا مختلفًا. حيث اختبر الباحثون أداءها في مقابل تشخيص 21 طبيب أمراض جلدية معتمد من قبل الجمعية الأمريكية للأمراض الجلدية على صور إكلينيكية مثبتة بتحليل العينة مع حالتين مستخدمتين في تصنيف ثنائي حرج: سرطان الخلايا الكيراتينية مقابل التقران المثي الحميد، والميلانوما الخبيثة في مقابل الوحمات الحميدة. تمثل الحالة الأولى تحديد أكثر أنواع السرطانات شيوعًا، بينما تمثل الحالة الثانية التعرف على سرطان الجلد الأكثر فتكًا. وقد حققت الشبكة العصبية التلفيفية أداءً على قدم المساواة مع جميع الخبراء الذين خضعوا للاختبار في كلتا المهمتين، مما يدل على وجود ذكاء اصطناعي قادر على تصنيف سرطان الجلد بمستوى كفاءة يضاهي كفاءة أطباء الأمراض الجلدية. ومن ثم، أصبح من المحتمل أن تمد الأجهزة المحمولة، المزودة بشبكات عصبية عميقة، تقييم وتشخيص أطباء الأمراض الجلدية إلى خارج العيادات. ومن المتوقع أن يصل عدد اشتراكات الهواتف الذكية إلى 6.3 مليار اشتراك بحلول عام 2021، وبالتالي من المحتمل أن يحقق هذا إمكانية وصول للجميع إلى رعاية تشخيصية حيوية منخفضة التكلفة.

**A. Esteva *et al*.**
***Nature* (2017) doi:10.1038/ nature21056**




**الشكل أسفله | تصوير باستخدام خوارزميّة "طمر الجار العشوائيّ الموزَّع" t-SNE لتمثيلات الطبقة المخفيّة الأخيرة في الشبكات العصبية التلفيفية في أربع فئات من الأمراض.** يعرض الباحثون التمثيل الداخليّ لأربع فئات مهمّة من الأمراض في الشبكات العصبية التلفيفية، بتطبيق t-SNE - وهي طريقة لتصوير البيانات عالية الأبعاد - على تمثيل الطبقة المخفية الأخيرة من الشبكات العصبية التلفيفية لمجموعات الصور الفوتوغرافيّة الاختباريّة المؤكدة بالخزعات (932 صورة). تمثّل سُحُب النقاط الملوَّنة الفئات المختلفة من الأمراض، حيث تكشف كيفيّة تجميع الخوارزميّة لهذه الأمراض. وتوضِّح الصور الداخلية الصغيرة تَطابُقها مع العديد من النقاط. أُعيد طبع الصور بموافقة من مكتبة إدنبرة ديرموفيت Edinburgh Dermofit Library ( https://licensing.eri.ed.ac.uk/i software/dermofit-image-library. html )

**بيئة**

## تراجُع في محتوى الأوكسجين المحيطيّ

تتنبأ نماذج المحيطات بتراجُع في مخزون الأكسجين المذاب في المحيطات العالميّة ما بين واحد إلى سبعة في المائة بحلول عام 2100، يتسبب فيه خليطٌ من التراجع في ذوبان الأكسجين الناجم عن الاحترار، وتناقُص تهوية المحيطات العميقة. ويُعتقد أن مثل هذا التراجع في المحتوى المحيطيّ من الأكسجين قد يؤثر على الدورات المحيطيّة المُغَذية، وعلى البيئة البحريّة، مع احتمال تَسَبُّبه في عواقب مضرّة للمصايد والاقتصادات الساحليّة. وتشير بيانات المراقبة الإقليميّة إلى تناقُصٍ مستمرّ في تركيز الأكسجين المحيطيّ المذاب في أغلب مناطق المحيطات العالميّة، وزيادة مسجَّلة في مناطق قليلة محدودة، تتباين حسب كلّ دراسة. وقد سجلت الدراسات السابقة التي حاولت حل لغز التباين في تركيز الأكسجين المذاب على المستوى العالميّ فَقْدًا عالميًّا للأكسجين، مقداره 550±130 تيرامول (1012 مول) لكلّ عقد، على أعماق تتراوح بين 100 و1000 متر، على أساس مقارنة للبيانات من سبعينات وتسعينات القرن العشرين. ومؤخرًا، قدَّم الباحثون تقييمًا كميًّا للمخزون المحيطيّ الكامل من الأكسجين، عن طريق تحليل الأكسجين المذاب، والبيانات الداعمة للعمود المائيّ المحيطيّ كله على مدى الخمسين عامًا الماضية. وقد وجدوا أن المحتوى المحيطيّ العالميّ للأكسجين في 227.4±1.1 بيتامول (1015 مول) قد تناقَص بأكثر من 2% (4.8±2.1 بيتامول) منذ عام 1960، مع تبايُن كبير في فقْد الأكسجين


تُطبع المجلة بدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية

في الأحواض المحيطيّة المختلفة، وعلى أعماقٍ مختلفة. ويرى الباحثون أن التغيّراتِ في عمود الماء العلويّ تحدث غالبًا بسبب تناقُصٍ في الذوبان وفي الاستهلاك البيولوجيّ، نتيجة احترار. وقد ترجع أصول التغيّرات في المحيطات العميقة إلى التباين على مستوى الأحواض على مدى عدة عقود، وتباطؤ الانقلاب المحيطيّ، والزيادة المحتمَلة في الاستهلاك البيولوجيّ .

**S. Schmidtko *et al*.**

***Nature*** **(2017) doi:10.1038/nature21399**

علوم الصحة

## التطور المبكر للدماغ يتنبأ بالتوحد

لُوحظ تضخّم الدماغ في الأطفال المصابين باضطراب طيف التوحد (ASD)، إلا أن توقيت هذه الظاهرة، والعلاقة بين الإصابة وظهور أعراضٍ سلوكيّة، غير معروفَين. وقَدَّمَت دراسات محيط الرأس الارتجاعيّة، ودراسات حجم الدماغ الطوليّ لأطفال في عمر الثانية - أُجريت لهم مُتابعة في عمر الرابعة - دليلًا على أن زيادة حجم الدماغ قد تبرز في وقتٍ مبكر من النمو. وقد تقدِّم الدراسات على الرُّضّع الأكثر عرضة لمخاطر الإصابة عائليّة المنشأ بالتوحد معرفةً أكثر بالتطور المبكر للتوحّد، وقد كشفت بالفعل عن أن القصور الاجتماعيّ المُمَيِّز لاضطراب طيف التوحد ينشأ أثناء الجزء الأخير من السنة الأولى وفي السنة الثانية من العمر. تشير هذه الملاحظات إلى أن دراسات تصوير الدماغ الاستباقية للأطفال الأكثر عرضة لخطر الإصابة عائليّة المنشأ باضطراب طيف التوحد قد تُحَدِّد التغيّرات المبكرة بعد الولادة في حجم الدماغ، التي تحدث قبل تشخيص المولود بالتوحد. وفي دراسة لتصوير عصبي استباقي لعدد 106 أطفال رُضَّع مرتفعي خطر الإصابة عائلية المنشأ باضطراب طيف التوحد، وعدد 42 رضيعًا منخفضي خطر الإصابة، بيّن الباحثون أن فرط التوسع في مساحة سطح القشرة الدماغيّة فيما بين 6 أشهر إلى 12 شهرًا من العمر تسبق فرط نموّ حجم الدماغ المُلاحَظ فيما بين 12 و14 شهرًا من العمر في الخمسة عشر طفلًا مرتفعي خطر الإصابة، الذين شُخِّصَت حالاتهم بمرض التوحد في الشهر 24 من العمر. ارتبط فرط نموّ حجم الدماغ بنشأة القصور الاجتماعيّ التوحديّ وشدّته. وتنبأَتْ خوارزميّة تعلُّم عميق، تَستخدِم أساسًا بيانات مساحة السطح من تصوير الرنين المغناطيسيّ لأدمغة أفرادٍ في عمر 6 أشهر، و12 شهرًا بتشخيص التوحد في أفرادٍ مرتفعي خطر الإصابة في عمر 24 شهرًا (بقيمة تنبؤية إيجابيّة قدرها 81%، وحساسية 88%). توضِّح هذه النتائج أن التغيّرات المبكرة في الدماغ تحدث أثناء الفترة التي تنشأ فيها السلوكيّات التوحديّة للمرة الأولى.

**H. Hazlett *et al.***

***Nature*** **(2017) doi:10.1038/nature21369**

علم الفلك

## سبعة كواكب شبيهة بالأرض

إن الهدف الأسمى لعلم الفلك الحديث هو الكشف عن الكواكب المعتدلة الشبيهة بالأرض خارج النظام الشمسي، والمناسِبة للتوصيف من الغلاف الجوي. ومؤخرًا، تم الكشف عن ثلاثة كواكب بحجم الأرض، وهي تَعْبُر نجمًا (تحديدًا.. وهي تمرّ أمام نجم) بكتلة تمثل ثمانية في المائة فقط من كتلة الشمس، على مسافة 12 فرسخًا فلكيًّا. إنّ التكوين العابر لهذه الكواكب، جنبًا إلى جنب مع نجمها المضيف، يُسمى ترابيست-1، الذي يبدو بحجم كوكب المشتري، سيتيح إمكانية إجراء دراسات متعمقة لخصائص غلافها الجوي بالإمكانيات الفلكية الحالية والمستقبلية. وفي تقرير عن نتائج حملة رصْد بالقياسات الضوئية لهذا النجم من الأرض والفضاء، تكشف ملاحظات الباحثين أن هناك سبعة كواكب - على الأقل - بأحجام وكُتَل مشابهة للأرض، تدور حول "ترابيست-1". تشكل الكواكب الداخلية الستة سلسلة قريبة التناغم، بحيث تكوِّن أزمنتها المدارية (1.51، و2.42، و4.04، و6.06، و9.1 و 12.35 يوم) نِسَبًا قريبة من أعداد صحيحة صغيرة. ويوحي هذه النظام بأنّ تلك الكواكب تشكلت بعيدًا عن النجم، ثم نزحت إلى الداخل. وإضافة إلى ذلك، فإن لدى الكواكب السبعة درجات حرارة متوازنة ومنخفضة بما فيه الكفاية؛ لتجعل من الممكن وجود مياه سائلة على سطحها.

**M. Gillon *et al.***

***Nature*** **(2017) doi:10.1038/nature21360**

علم الفلك

## رصد ثقب أسود متوسط الكتلة

إن مدى سطوع نواة مَجَرِّيَّة نشطة يحدده الغاز الذي يسقط عليها من المجرة، بينما معدل سقوط الغاز ينظمه مدى سطوع النواة المجرية النشطة. وتُعَدّ حلقة الاستجابة الراجعة هذه هي العملية التي ربما تنظِّم من خلالها الثقوب السوداء الهائلة في مراكز المجرّات نمو مضيفيها. إن تدفُّق الغاز إلى الخارج (الذي يظهر في هيئة رياح القرص) يُطْلِق كميات هائلة من الطاقة في الوسط بين النجمي؛ ما قد يؤدي إلى إزالة الغاز المحيط. والتدفق الأكثر تطرفًا (من حيث السرعة والطاقة) من بين ذلك التدفق المتوالي فائق السرعة، هو المتمثل في تلك المجموعة الثانوية من التدفق المرصود بالأشعة السينية، التي تزيد سرعاتها عن 10 آلاف كيلومتر في الثانية، ويُعتقد أنها تنشأ في رياح القرص النسبية (أي التي تقترب من سرعة الضوء)، على بعد بضع مئات من أنصاف أقطار الجاذبية من الثقب الأسود. وتتباين ملامح الامتصاص التي ينتجها ذلك التدفق، لكن لم يتم إيجاد رابط واضح بين سلوك استمرارية الأشعة السينية، وسرعة التدفق المتوالي، أو عمقه الضوئي، نظرًا إلى الفترات الزمنية الطويلة لتقلبات النجم الزائف (quasar). وقد أعلن الباحثون رصدهم خطوط امتصاص متعددة من تدفق غازي فائق السرعة بدرجة متطرفة، في طيف الأشعة السينية للنواة المجرّيّة النشطة المسماة "IRAS 13224–3809"، عند 0.236 ± 0.006 ضعف سرعة الضوء (أي 71,000 كيلومتر في الثانية)، حيث يكون الامتصاص غير مرتبط إطلاقًا بانبعاث الأشعة السينية من المناطق الداخلية لقرص التراكم. وإذا تم تحديد أن تدفق الغاز هذا هو تدفق حقيقي، إذًا فهو يقع ضمن الخمسة في المائة الأسرع من هذه الرياح، وتقلباته أسرع بمئات المرات عن الرياح المتغيرة الأخرى؛ ما يتيح للباحثين أن يروا في بضع ساعات ما يمكن أن يستغرق شهورًا في نجم زائف. وقد وجد الباحثون بصمات طيفية للأشعة السينية للرياح، في الوقت نفسه في كلّ من كاشفات الطاقة المنخفضة، وتلك العالية، ما يشير إلى تدفق متأيِّن واحد للخارج، يربط بين خطوط امتصاص الطاقة المنخفضة، والعالية. وتدلّ استجابة رياح القرص تلك للانبعاث الصادر من قرص التراكم الداخلي على وجود علاقة بين عمليات التراكم التي تحدث على نطاقات مختلفة جدًّا، متمثلة في انبعاث الأشعة السينية من نطاق يبلغ بضعة أنصاف أقطار جاذبية الثقب الأسود، يؤين رياح القرص على بعد مئات أنصاف أقطار الجاذبية، كلما زاد فيض الأشعة السينية.

**M. Parker *et al.***

***Nature*** **(2017) doi:10.1038/nature21385**

فيزياء الكم

## صلب أكثر سيولة من السوائل

يجمع مفهوم حالة الصلابة الفائقة بين تبلور نظام الأجسام المتعددة، وبين تيار غير متبدد من الذرات التي يتكون منها. يتطلب هذا الطور الكَمِّي كسر تناظرين متصلين، هما: الثبات الطوري للمائع الفائق، والثبات الانتقالي المتصل لتشكيل البلورة. وعلى الرغم من أن تلك الحالة قد اقتُرحت للهيليوم منذ ما يقرب من 50 عامًا، فإن التحقق التجريبي من حالة الصلابة الفائقة لا يزال بعيد المنال. وتمّ التعرف على بديل، في ظل كسر التناظر الانتقالي المنفصل فقط، في بنية شُبيْكة مكوَّنة سابقًا؛ وهذا البديل هو الصلب الفائق الشُّبيْكي، على أساس التنظيم الذاتي لحالة تكاثف بوز -أينشتاين. ومع ذلك لا تتميز شُبيْكات المواد الصلبة الفائقة بانحلال الحالة الأرضية المتصلة، الذي يميز حالة الصلابة الفائقة على النحو المقترح أصلًا. وقد تَعَرَّف الباحثون مؤخرًا على صلب فائق، في ظل كسر التناظر الانتقالي المتصل، في اتجاه واحد، في غاز كَمِّي. ينجم التناظر المتصل الذي يتم كسره عن تناظرين فراغيين منفصلين، عبر الجمْع جمعًا تناظريًّا بين تكاثف بوز- أينشتاين، وبين أوضاع تجويفين بصريين. أنشأ الباحثون اتساقًا طَوْريًّا لصلب فائق؛ ووجدوا انحلالًا عاليًا للحالة الأرضية، عند قياس موضع البلورة، في العديد من التجارب المحققة، عبر المجالات الضوئية المتسربة من التجويفين. تُستخدم هذه المجالات الضوئية أيضًا لرصد تقلبات الموضع في زمنها الحقيقي. قد يوفر هذا النهج طريقًا لخلق ودراسة أنظمة متعددة الأجسام، شبيهة بالزجاج، ذات انحلال حالة أرضية يمكن التحكم في زيادتها، مثل المواد الصلبة الفائقة في ظل وجود اضطراب.

**J. Léonard *et al.***

***Nature*** **(2017) doi:10.1038/nature21067**

فيزياء المادة المكثفة

## مراقبة بلورة زمنية منفصلة

يُعتبر كسر التناظر التلقائي مفهومًا أساسيًّا في العديد من مجالات الفيزياء، بما في ذلك علم الكون، وفيزياء الجسيمات، والمادة المكثفة. والمثال على ذلك.. هو كسر التناظر الانسحابي المكاني، الذي يؤدي إلى تشكيل البلورات والتحول الطوري من الحالة السائلة إلى الصلبة. باستخدام تماثل البلورات في الفضاء، اقترح مؤخرًا كسر التناظر الانسحابي في الزمن، وظهور "بلورة زمنية"، لكن اتضح فيما بعد أن ذلك غير ممكن في ظل التوازن الحراري. ومع ذلك، يمكن لأنظمة "فلوكي" غير المتزنة، التي تخضع لمحرك دوري، أن تُظهِر ارتباطات زمنية ثابتة عند ترددات ناشئة تحت توافقية. أُطلق على هذا الطور الجديد من المادة اسم "بلورة زمنية منفصلة". ومن ثم، يقدم الباحثون الملاحظات التجريبية لبلورة زمنية منفصلة، في سلسلة مغزلية متفاعلة، مكونة من أيونات ذرية محاصرة. قاموا بتطبيق عملية هاملتونيّة دورية على النظام، تحت ظروف تموضع الأجسام العديدة، ثم راقبوا الاستجابة الزمنية تحت التوافقية، التي تتميز بصمودها أمام الاضطرابات الخارجية. ومن شأن مراقبة مثل هذه البلورة الزمنية أن تفتح الباب لدراسة نظم لها ارتباطات مكانية زمانية واسعة المدى، وأطوار جديدة للمادة تظهر في ظل ظروف غير متزنة في أساسها.

**J. Zhang *et al.***

***Nature* (2017) doi:10.1038/ nature21413**

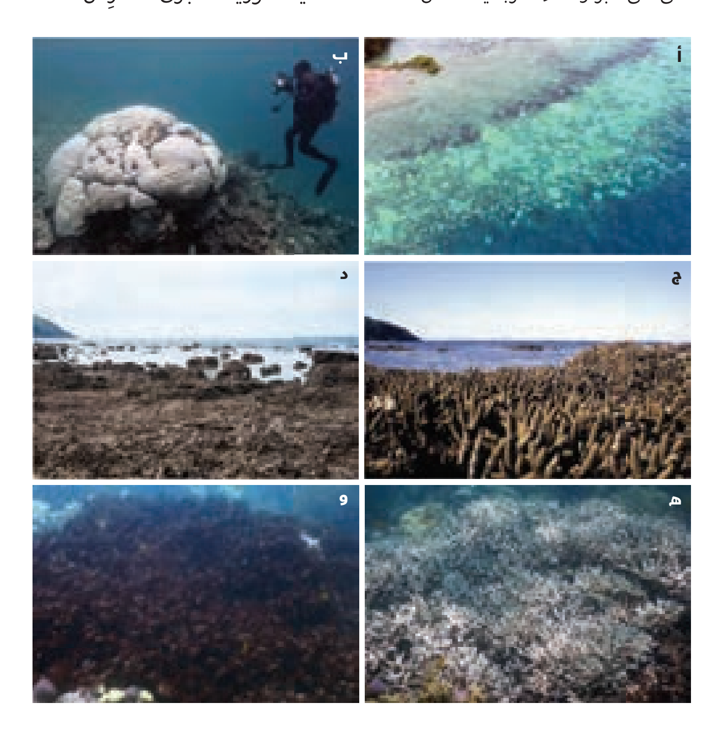
بيئة

## الابيضاض الضخم المتكرر للمرجان

خلال الفترة بين عامي 2015، و2016، أثارت درجات الحرارة القياسية موجة استوائية واسعة من ابيضاض الشُّعَب المرجانية، وهي ثالث أكبر حدث عالمي من نوعه منذ توثيق الابيضاض الضخم للمرة الأولى في ثمانينات القرن العشرين. والآن، يدرس الباحثون كيفية وسبب تباين شدة أحداث الابيضاض الضخم المتكرر على نطاقات متعددة، باستخدام وسائل المسح الجوية وتحت المائية للشُّعَب المرجانية الأسترالية، مع استخدام درجات حرارة سطح البحر، المأخوذة من قراءات الأقمار الصناعية. تحددت البصمات الجغرافية المُمَيزة للابيضاض المتكرر على الحيد المرجاني العظيم في أعوام 1998، و2002، و2016، من خلال النمط المكاني لدرجات حرارة البحر في كل سنة. لم تكن لجودة المياه وضغط الصيد آثار كبيرة على الابيضاض غير المسبوق في عام 2016، ما يشير إلى أن الحماية المحلية للشعاب المرجانية لم تساعد كثيرًا في مقاومة الحرارة فائقة الارتفاع. وبالمِثْل، فإن التعرض السابق للابيضاض في عامي 1998، و2002 لم يُقَلِّل من شدته في عام 2016. وبناء عليه، فإنه يلزم تحرُّك عالمي فوري؛ من أجل منع حدوث الاحترار مستقبلًا، لتأمين مستقبل للشُّعَب المرجانية.

**T. Hughes *et al*.**

***Nature* (2017) doi:10.1038/ nature21707**



**الشكل أسفله | الابيضاض المرجانيّ الشديد المتكرر. أ:** منظر جوّي للابيضاض المرجانيّ الشديد في خليج الأميرة تشارلوت، شمال شرق أستراليا، مارس 2016. ابيضاض حوالي 100% من المرجان عند مسطّح وقشرة الشعاب المرجانيّة. يحدث الابيضاض عندما تُقْتَل المتكافلات الطحلبيّة (من النوع *Symbiodinium*) التي تسكن العائل المرجانيّ، بفعل التوتر البيئيّ، كاشفةً عن الهيكل المرجانيّ الأبيض الكامن أسفلها. **ب:** الابيضاض الشديد الذي حدث في عام 2016 في الجزء الشماليّ من الحَيْد المرجانيّ العظيم، أثَّر حتى على أكبر وأقدم المرجانيّات، مثل مستعمرة بوريتس *Porites* بطيئة النموّ هذه. **ج:** القيعان الكبيرة القديمة من المرجانيّات النسيليّة القرنيّة *Acropora pulchra* في جزيرة أورفيوس بكوينزلاند، والمصوَّرة في عام 1997 تعرضت للقتل، بسبب حَدَث الابيضاض الكبير الأول في الحيد المرجاني العظيم في عام 1998. **د:** بعد ذلك بثمانية عشر عامًا في مايو 2016، لم تستعد المرجانيّات في هذا الموقع حيويّتها، حيث ما زال التجمّع الأصلي يبدو ميتًا غير متضامّ على بعضه، ويبدو كَرُكامٍ موحل غير ملائم لأنْ تستعمره اليرقات المرجانيّة بنجاح. **هـ، و:** تجمعات ناضجة من المرجانيّات النسيليّة القرنيّة تعرضت للإبادة بفعل الإجهاد الحراريّ، واستعمرتها الطحالب على مدى بضعة أسابيع قليلة في عام 2016، في جزيرة ليزارد بالحيد المرجانيّ العظيم. التُقطت قبل (**و**)، وبعد (**هـ**) صورٌ بتاريخ 26 فبراير، و19 إبريل 2016.

الصور: **أ:** J.T.K، **ب:** جيه. مارشال، **ج:** B.W.، **د:** C.Y.K، **هـ، و:** آر. ستريت.

علم الإحاثة

## العلاقات التطورية للديناصورات الكبرى

لمئة وثلاثين عامًا مضت، ظلت الديناصورات تُقَسَّم إلى فرعين حيويين مميزين: طيريات الورك *Ornithischia*، وسحليات الورك*Saurischia*. والآن، يقدِّم الباحثون فرضية خاصة بالعلاقات التطورية السلالية للمجموعات الديناصورية الكبرى، تُعَارِض الإجماع الحالي بشأن التطور المبكر للديناصورات، وتسلِّط الضوء على جوانب إشكالية في التعريفات الحالية للفروع الحيوية. وجد الباحثون في دراستهم أن مجموعتي طيريات الورك، والثيروبودا *Theropoda* تتحدان في الفرع الحيوي الجديد أورنيثوسكيليدا *Ornithoscelida*)، بينما تُشَكِّل الساوروبودومورفا *Sauropodomorpha*، والهيريراساوريدي *Herrerasauridae* (بصفتهما الساوريشيا *Saurischia* مُعادة التعريف) مجموعتها الخارجية أحادية الأصل. تتطلب هذه التقسيمة الشجرية الجديدة إعادة تعريف وإعادة تشخيص لمجموعة الديناصورات وللفروع الحيوية الديناصورية الثانوية. وإضافةً إلى ذلك.. فإنها تفرض إعادة تقييم للنشوء المبكر لفروع الديناصورات وتطور خصائصها، ما يشير إلى أن فرط الافتراس كان صفة مكتسَبة بشكلٍ مستقل في الهيريراساوريدي، والثيروبودا، وهو يفسر العديد من الخصائص التشريحية، التي اعتُبرت سابقًا تقاربات ملحوظة بين الثيروبودا، وطيريات الورك المبكرة.

**M. Baron *et al.***

***Nature* (2017) doi:10.1038/ nature21700**

علوم بيئية

## استنفاد المياه الجوفية وتجارة الأغذية

قامت عمليات النمذجة الهيدرولوجية الأخيرة، والملاحظات الأرضية بتحديد وقياس معدلات مقلقة لنضوب المياه الجوفية حول العالم. يرجع هذا الاستنزاف - في المقام الأول - إلى سَحْب المياه من أجل أعمال الريّ، إلا أن علاقة ذلك بالمحرك الرئيس للري - وهو الاستهلاك الغذائي العالمي - لم يتم استكشافها بعد. ومؤخرًا، بيَّن الباحثون أن ما يقرب من 11 في المائة من استخدامات المياه الجوفية غير المتجددة لأغراض الري يدخل في التجارة الدولية للأغذية، التي تقوم باكستان، والولايات المتحدة الأمريكية، والهند بتصدير ثلثيها. وتقدير الباحثين الكَمِّي لنضوب المياه الجوفية - المتضمَّن في تجارة الأغذية في العالم - يستند إلى مجموعة من التقديرات العالمية



تُطبع المجلة بدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية

- الخاصة بكل محصول على حدة – لعملية استخراج المياه الجوفية غير المتجددة، ولبيانات التجارة الدولية للأغذية. تعيش الغالبية العظمى من سكان العالم في بلدان تستورد تقريبًا جميع وارداتها من المحاصيل الأساسية من شركاء يستنفدون المياه الجوفية لإنتاج هذه المحاصيل، ما يسلط الضوء على المخاطر التي تهدد الأمن الغذائي والمائي على مستوى العالم. وهناك بلْدان، مثل الولايات المتحدة الأمريكية، والمكسيك، وإيران، والصين، معرَّضة بشكل خاص لهذه المخاطر، إذ إنها تنتج وتستورد الأغذية المروية من طبقات المياه الجوفية المستنفَدة بسرعة. ويمكن أن يساعد ما توصَّل إليه الباحثون من نتائج في تحسين استدامة الإنتاج العالمي من الغذاء، وإدارة موارد المياه الجوفية، من خلال تحديد المناطق ذات الأولوية، والمنتجات الزراعية المعرَّضة للخطر، وكذلك المستهلكين لهذه المنتجات.

**C. Dalin *et al.***

***Nature* (2017) doi:10.1038/nature21403**

ميكانيكا حيوية

## الدوران الذكي لجناح البعوضة

تبدي أجنحة البعوض خصائص حركيّة غير اعتيادية.. فأجنحتها الطويلة الدقيقة تهتز بترددات عالية ملفتة للنظر بالنسبة إلى حجمها (> 800 هرتز)، وبسعة ضربات أقل من أي مجموعة أخرى من الحشرات. وهذا ينقل دعم الوزن بعيدًا عن آليات الديناميكا الهوائية المحكومة بالنقل، المستخدمة من قِبَل معظم الحشرات، وكذلك من قِبَل طائرات الهليكوبتر، والطائرات الأخرى، نحو آليات دورانية غير مفهومة جيدًا، تحدث عند الانحدار في نهاية كل نصف ضربة جناح. ويشير الباحثون إلى حركات أجنحة البعوض حر الطيران، ويحلّون كل معادلات نافييه-ستوكس، باستخدام ديناميات السوائل الحسابية مع شبكة مسبقة الإعداد، ويتحققون من صحة النتائج بقياسات تدفق الجسم الحي. وقد تبين أنه على الرغم من أن البعوض يستخدم أنماط تدفق منفصلة مألوفة، فإن الكثير من ديناميات الهواء التي تدعم وزنه يتكون بطريقة تختلف عن أي ديناميكية سبق وصفها لحيوان طائر. وثمة ثلاث سمات رئيسة: دوامات الحواف الرئيسة (وهي آلية معروفة، وتبدو واسعة الانتشار في طيران الحشرات)، ودوامات الحواف الساحبة، التي يسببها شكلٌ من أشكال التقاط موجة السحب عند انعكاس ضربة الجناح، والسحب التدويري. ويُعَدّ العنصران الجديدان مستقلَّين - إلى حد كبير - عن سرعة الجناح، ويعتمدان - بدلًا من ذلك - على التغيرات السريعة في زاوية الانحدار (دوران الجناح) في نهاية كل نصف ضربة جناح، وهما بالتالي منيعان نسبيًّا تجاه سعة الرفرفة السطحية. وإضافة إلى ذلك.. فهذه الآليات تناسِب بشكل خاص أجنحة البعوض ذات المسافة الكبيرة ما بين طرفي كل جناح.

**R. Bomphrey *et al.***

***Nature* (2017) doi:10.1038/nature21727**

علم المواد

## نمو فوقي عن بُعْد بالجرافين

يُعَدّ النمو الفوقي (نمو مادة بلورية على ركيزة) أمرًا بالغ الأهمية في صناعة أشباه الموصلات، ولكنه غالبًا ما يكون محدودًا، بسبب الحاجة إلى مطابقة الشبكة البلورية بين نظامي مادتين. تقل صرامة هذا الشرط بالنمو الفوقي الفان دير فالسي، الذي يتم فيه تصبيب مواد طبقية أو ثنائية الأبعاد بواسطة تفاعلات فان دير فالس الضعيفة، حيث يسمح بتحرر طبقة سطحية من سطوح ثنائية الأبعاد. كان يُعتقد أن المواد ثنائية الأبعاد هي طبقات الأساس الوحيدة للنمو الفوقي الفان دير فالسي. ومع ذلك.. فإن الركائز القابعة تحت المواد ثنائية الأبعاد قد تظل تتفاعل مع الطبقات التي نمت خلال النمو الفوقي (طبقات نمو فوقي)، كما في الحالة التي تُسمى شفافية الترطيب الموثقة للجرافين. يبيِّن الباحثون أن مجال جهد فان دير فالس الضعيف للجرافين لا يمكن أن يحجب تمامًا مجالات الجهد القوية للعديد من الركائز، التي تمكِّن النمو الفوقي من الحدوث، على الرغم من وجودها. واستخدموا حسابات نظرية الكثافة الوظيفية، للبرهنة على أن ذرات البلورة السطحية ستشهد تسجيل نمو فوقي عن بُعْد مع الركيزة، من خلال فجوة في طبقات النمو الفوقي في الركيزة، يصل اتساعها إلى 9 أنجستروم، حيث تتسع هذه الفجوة لطبقة أحادية من الجرافين. ويؤكد الباحثون التوقعات الخاصة بالنمو الفوقي المتماثل لـGaAs(001) على ركيزة من GaAs(001) من خلال جرافين أحادي الطبقة، ويبيِّنون أن هذا النهج ينطبق أيضًا على InP، وGaP، حيث تتحرر بسرعة الأغشية أحادية البلورة، النامية من ركيزة مغطاة بالجرافين، وفاعليتها لا تقل عن فاعلية الأغشية التقليدية، عند وضعها في الأجهزة الباعثة للضوء. تمكِّن هذه التقنية من نَسْخ أي نوع من أغشية أشباه الموصلات، من ركائزها الأساسية، عبر مواد ثنائية الأبعاد، ومن ثم يتم تحرير الطبقة الفوقية الناتجة بسرعة، ونقلها إلى الركيزة المطلوبة. تُعَدّ هذه العملية جذابة بشكل خاص في سياق الإلكترونيات والضوئيات غير السيليكونية، حيث تسمح هذه القدرة على إعادة استخدام الركائز المغطاة بالجرافين بالحّد من التكلفة العالية للركائز غير السيليكونية.

**Y. Kim *et al.***

***Nature* (2017) doi:10.1038/nature22053**

علم النبات

## وضْع تسلسل جينوم الشعير

لطالما كانت أعشاب الغلال من قبيلة Triticeae هي أهم مصدر للغذاء في المناطق معتدلة المناخ، منذ بدء الزراعة. تتميز جينوماتها الكبيرة بمحتوى عالٍ من العناصر المتكررة، ومناطق كبيرة محيطة بالقسيم المركزي، خالية فعليًّا من التركيب الانتصافي. يستعرض الباحثون تسلسلًا جينوميًّا مرجعيًّا، عالي الجودة، للشعير (*Hordeum vulgare L*.)، إذ قاموا برسم خريطة بتقنية التقاط تَشَكُّل الكروموسوم؛ للحصول على الترتيب الخطي للتسلسلات عبر المساحة المحيطة بالقسيم المركزي، وللاطلاع على التنظيم المكاني للكروماتين داخل النواة، بدرجة وضوح مليون قاعدة. يختلف تركيب الجينات والعناصر المتكرِّرة بين المناطق القاصية والدانية. وتكشف تحليلات العائلات الجينية عن تضاعفات - مميزة لكل سلالة - في الجينات المشارِكة في عملية نقل العناصر الغذائية إلى البذور النامية، وفي تحريك جزيئات الكربوهيدرات في الحبوب. يوضح الباحثون أهمية التسلسل المرجعي للشعير في عملية إنمائه، عن طريق بحث التقسيم الجينومي لتباين التسلسل في النخبة الحديثة من المادة الوراثية، مسلِّطين الضوء على المناطق الأكثر عرضة للتآكل الجيني.

**M. Mascher *et al.***

***Nature* (2017) doi:10.1038/nature22043**

علم الإحاثة

## أقدم الأركوصورات الطائرة

إن العلاقة بين الديناصورات والزواحف الأخرى معروفة منذ القدم، إلا أن تتابُع اكتساب الصفات الديناصورية ظل خفيًّا، بسبب ندرة الحفريات التي تحوي مورفولوجيا انتقالية. وأقرب الأقارب المنقرضين للديناصورات إمّا يملكون مورفولوجيا عالية الاشتقاق، أو تم التعرف عليها من خلال خامات سيئة الحفظ، أو غير مكتملة. يصف الباحثون ما يُعَدّ أحد أكثر الأفراد انخفاضًا من حيث طبقات الأرض، وأقدمها من حيث النشوء من السلالة الجذرية الطائرة "الأفيميتاتارساليا" *Avemetatarsalia* - وهو الجنس والنوع الجديد "تيليوكراتر رادينوس" *Teleocrater rhadinus* - التي ترجع إلى العصر الثلاثي الأوسط. يقدم تشريح *T. rhadinus* معلومات أساسية توحِّد عدة أنواع غامضة من مختلف أنحاء القارة الأم (بانجيا) في فرع حيوي واحد، لم يسبق التعرف عليه، ألا وهو "الأفانوصوريا" *Aphanosuria*. وهذا الفرع الحيوي هو النوع الشقيق للأورنيثوديرا (العظاءات المجنحة "التيروصورات" والطيور) ويقصِّر السلالة الشبحية التي سبق الاستدلال عليها عند قاعدة "الأفيميتاتارساليا". يوضح الباحثون أن عدة صفات تشريحية كان يُعْتقَد لوقت طويل أنها تميز مجموعة الديناصورات وأقاربها الفورمصورات (*Dinosauriaforms*). قد تطورت في زمن أقدم بكثير، بعد انفصال التمساحيات والطيور مباشرة، وأن أقدم "الأفيميتاتارساليا" قد احتفظت بمورفولوجيا الكاحل الشبيهة بالتمساحيات وبأبعاد الأطراف الخلفية للأركوصورات الجذرية والسودوسوكيا (أشباه التمساحيات) المبكرة. وقد كانت "الأفيميتاتارساليا" المبكرة فعليًّا أكثر ثراء من حيث الأنواع، وأكثر انتشارًا جغرافيًّا، وتباينًا

مورفولوجيًّا مما كان معروفًا سابقًا. وإضافة إلى ذلك فإن العديد من الديناصورات (*dinosauromorphs*) المبكرة وأقاربها - التي كانت تُستخدم سابقاً كنماذج لفهم أصول الديناصورات - قد تمثِّل صورًا متخصصة، بدلًا من مورفولوجيا "الأفيميتاتارساليا" السالفة.

**S. Nesbitt *et al.***

**Nature (2017) doi:10.1038/nature22037**

العلوم الجوية

## تَضاعُف تواتر عواصف الساحل الأفريقي

مِن المتوقَّع تصاعُد الدورة المائية في ظل الاحترار العالمي، حيث تشير دراسات إلى زيادة تواتر هَطْل أمطار غزيرة في مناطق كثيرة من العالم، وتوقُّع حدوث زيادة في تكرار الفيضانات في المستقبل. تُعتبر هذه الملاحظات المبكرة، التي تحدث - في الأساس - في خطوط العرض المتوسطة ضرورية، بسبب قصور النماذج المناخية في تصوير الأمطار المرتبطة بالحِمْل الحراري. تشكِّل مجموعة من العواصف الشديدة ذات الأهمية العالمية– وهي نُظُم حِمْل حراري متوسطة النطاق (MCSs) – تحديًّا استثنائيًّا، لأنها تنتشر ديناميكيًّا على نحو منتظم في نطاقات مكانية لا يمكن ردعها، عن طريق النماذج المناخية التقليدية. يستعين الباحثون بأرصاد الأقمار الصناعية لمنطقة غرب الساحل الأفريقي على مدار 35 عامًا؛ للكشف عن وجود زيادة مستمرة في وتيرة نُظُم الحِمْل الحراري متوسطة النطاق، بالغة الشدة. تُعَدّ عواصف الساحل الأفريقي من أقوى العواصف على سطح الأرض، حيث سجلت مقاييس المطر في هذه المنطقة زيادة في إجمالي كمية الأمطار "الهائلة" المتساقطة في اليوم. وتوصل الباحثون إلى أن تكرار نظم الحمل الحراري متوسطة النطاق الشديدة ضعيف الارتباط بالعودة إلى المعدل الطبيعي لسقوط الأمطار السنوي على الساحل على مرّ عقود عديدة، ولكنه وثيق الصلة بدرجات حرارة الأرض على مستوى العالم. ويكشف تحليل أنماط هَطْل الأمطار في أنحاء أفريقيا أن تكثيف نظم الحمل الحراري متوسطة النطاق يقتصر على حزام أمطار ضيق في جنوب الصحراء الكبرى. وفي خلال هذه الفترة، لم ترتفع درجات حرارة الموسم الرطب في الساحل، مستبعِدة احتمال اشتداد هَطْل الأمطار، نتيجة للظروف المحلية الأكثر دفئًا. ومن ناحية أخرى.. زاد التدرج الحراري عند خطوط الطول، التي تمتد عبر الساحل الأفريقي في العقود الأخيرة، بما يتفق مع التأثير البشري، الذي أدَّى إلى تعزيز احترار الصحراء الكبرى. ويرى الباحثون أن احترار الصحراء الكبرى يكثف الحمل الحراري في نظم الحمل الحراري متوسطة النطاق في ساحل أفريقيا، من خلال زيادة الرياح القصية، والتغيرات في طبقة الهواء بالصحراء الكبرى. ومن المتوقع أن يشتد التدرج الحراري عند خطوط الطول خلال القرن الواحد والعشرين، مما يشير إلى أن منطقة الساحل الأفريقي سوف تشهد زيادات ملحوظة بشكل خاص في الأمطار الغزيرة. يسلط الاشتداد السريع بشكل استثنائي في نظم الحمل الحراري متوسطة النطاق في الساحل الأفريقي - منذ ثمانينات القرن العشرين - ضوءًا جديدًا على استجابة تيارات الحمل الحراري الاستوائية المنظمة للاحترار العالمي، كما يتحدى التوقعات التقليدية لنماذج الدوران العام.

**C. Taylor *et al.***

***Nature* (2017) doi:10.1038/nature22069**

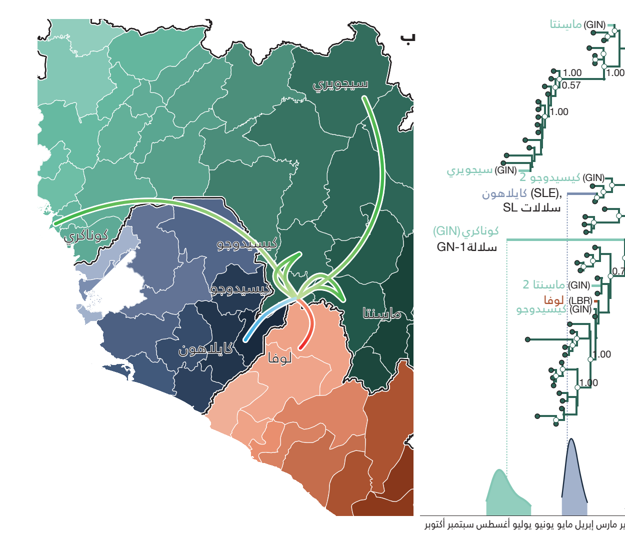
عدوى فيروسية

## عوامل انتشار وباء الإيبولا واستمراره

كان الوباء الذي انتشر في الفترة بين عامي 2013، و2016 في غرب أفريقيا، والذي تسبب فيه فيروس الإيبولا، ذا حجم غير مسبوق، وأَمَد زمني وتأثير غير مسبوقَين. يعيد الباحثون تخطيط عملية انتشار الفيروس وتكاثره، ثم تراجعه في أنحاء المنطقة، من خلال تحليل 1610جينومات لفيروس الإيبولا، ما يمثل أكثر من 5% من الحالات المعروفة. يختبر الباحثون ارتباط الجغرافيا، والمناخ، وإحصاءات السكان بالحراك الفيروسي عبر المناطق الإدارية، مستنتجين نموذج "جاذبية" كلاسيكيًّا، يُظْهِر انتشارًا كبيرًا بين التجمعات السكانية الأكبر، والأقرب لبعضها البعض. ورغم تقليل الانتشار الدولي بعد غلق الحدود، كان الانتقال العابر للحدود قد زرع بالفعل بذور انتشار دولي للوباء؛ ما أبطل فعالية إجراءات الاحتواء تلك. يتناول الباحثون سبب عدم انتشار الوباء في البلدان المجاورة، ويُظْهِرون أن هذه الدول كانت معرَّضة لحدوث انتشار وبائي كبير فيها، لكن مع احتمال أقل للدخول الأوَّلي للفيروس. وأخيرًا، يكشف الباحثون عن أن هذا التفشي الكبير كان أشبه بتشكيلة غير متجانسة ومتفرقة مكانيًّا من دفعات انتقال مختلفة الأحجام،والمدد، والارتباط. ومن شأن هذه الرؤى أن تساعد في الإعلام بعمليات التدخل في الأوبئة المستقبلية.

**A. Rambaut *et al.***

***Nature* (2017) doi:10.1038/nature22040**




**الشكل أسفله | ملخّص لأحداث الانتشار الوبائي المبكر. أ.** التطور الزمني لأوائل عينات سلالات فيروس إيبولا EBOV، في مقاطعة جويكيدو في غينيا. تظهر في الجزء الأسفل بنسبة 95% كثافات لاحقة لآخِر التقديرات السالفة الشائعة، لكل السلالات (باللون الرمادي)، وللسلالات في ضاحية كايلاهون في سيراليون (SLE؛ باللون الأزرق)، ولمقاطعة كوناكري في غينيا (GIN؛ باللون الأخضر). وتظهر احتمالات تالية >0.5 للسلالات المحتوية على >5 تتابعات سليلة. LBR: ليبيريا. **ب**. إن أحداث الانتشار المؤشرة بسلالات ملونة ومُعَلَّمة بالاسم على تاريخ تطور السلالة تظهر على خريطة ذات اتجاه محدد بفروق في درجة اللون (من الفاتح إلى الغامق). أدت السلالات التي هاجرت إلى مقاطعة كوناكري (والمسماة بسلالة GN-1)، وضاحية كايلاهون (المسماة بسلالات SL) إلى الغالبية العظمى من حالات الإصابة بمرض فيروس إيبولا EVD في أنحاء المنطقة.

بيولوجيا الحفظ

## مكاسب محتمَلة للحفظ البيئي

صارت أوجه مختلفة للتنوع الحيوي - بخلاف أعداد الأنواع - محل تقدير متزايد، بوصفها ذات أهمية كبيرة للحفاظ على وظيفة النظم البيئية، والمنافع التي تعود بها على البشر. وبينما تعي السياسات الدولية الجديدة وعمليات التقييم - على غرار "المنبر الدولي الحكومي للعلوم والسياسات في مجال التنوع الحيوي وخدمات النظام البيئي"، (ويُسمى اختصارًا: IPBES) - أهمية وجود نهج عالمي كَمِّي شامل بشكل متزايد، لحماية التنوع الحيوي، فإن أغلب الرؤى لا تزال متركزة حول وجه وحيد من أوجه التنوع الحيوي، ألا وهو "الأنواع". وقام الباحثون - في دراسة نُشرت مؤخرًا - بتوسيع دائرة التركيز، وتقديم تقييم مقدار خضوع الاختلاف في الأنواع، والتنوع الوظيفي والتنوع المتعلق بتطور السلالات، في الطيور والثدييات حول العالم، حاليًّا للحماية، وكذلك نطاق التحسين المتاح. وبيَّن الباحثون أن الفجوات الكبيرة الموجودة في التغطية التي يتلقاها كل وجه من أوجه التنوع الحيوي، من الممكن علاجها، عن طريق توسع بسيط في المناطق المحمية، حيث مِن شأن نسبة إضافية مقدارها 5% من الأراضي أن تزيد النطاق المحمي من الوحدات النوعية، أو الوظيفية، أو تلك المتعلقة بتطور السلالات، بأكثر من ثلاثة أضعاف. إن المناطق ذاتها كثيرًا ما تكون موضع أولوية لأوجه متعددة من التنوع الحيوي،

ولكلا الصنفين. ومع ذلك، يجد الباحثون أن اختيار استراتيجية للحفظ البيئي له تأثير جوهري على النتائج.. فتعظيم التمثيل الأساسي لتجمُّع التنوع الحيوي العالمي أصعب من تعظيم التنوع المحلي، بمعنى أنه يتطلب مزيدًا من الأراضي. وإجمالًا، فإن الأولويات المتعلقة بالأنواع، وتلك المتعلقة بتطور السلالات تتشابه فيما بينها أكثر مما تتشابه مع الأولويات الوظيفية. والأولويات الخاصة بالأوجه المختلفة للتنوع الحيوي للطيور تتشابه أكثر من تلك الخاصة بالثدييات. ويبين ما قام به الباحثون أن ثمة مكاسب كبيرة ممكنة في مجال حماية التنوع الحيوي، بينما سلَّط الباحثون الضوء على الحاجة إلى الربط بوضوح بين غايات الحفظ البيئي المنشودة، ومقاييس التنوع الحيوي. وهم يقدمون إطار عمل، وأدوات كمية؛ لتحقيق هذه الأهداف؛ من أجل الحفظ متعدد الأوجه للتنوع الحيوي.

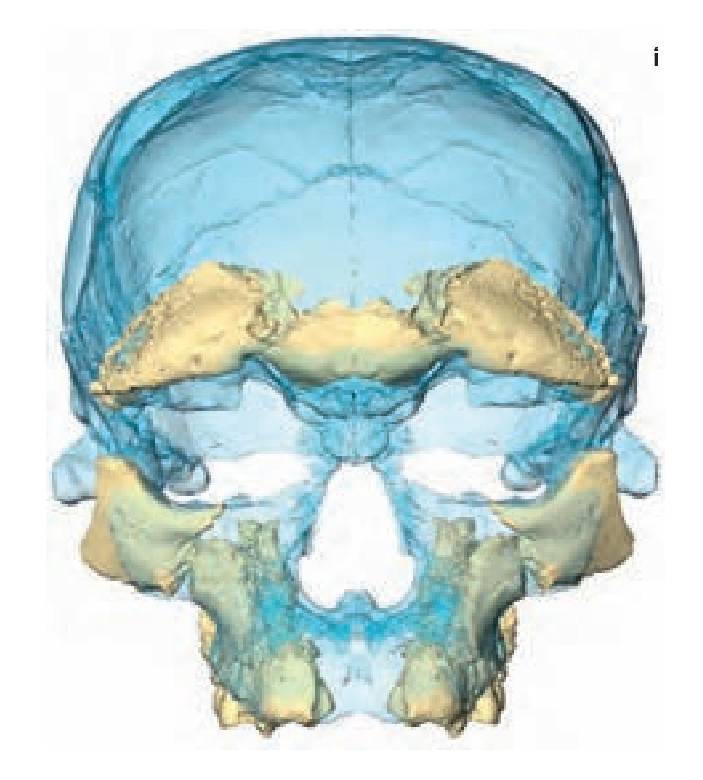
**L. Pollock *et al.***
***Nature* (2017) doi:10.1038/ nature22368**

مستحاثات أسلاف البشر

## حفريات الإنسان العاقل في المغرب

تؤكد الأدلة الحفرية على المنشأ الأفريقي للإنسان العاقل *Homo sapiens* من المجموعة المسماة إمّا إنسان هايدلبيرج *H. heidelbergensis*، أو إنسان روديسيا *H. rhodesiensis*، إلا أنه من غير معروف - على وجه التحديد - مكان أو زمن نشأة الإنسان العاقل ، بسبب ندرة السجلات الحفرية، وبسبب عدم التيقن من العمر الزمني لعدة عينات مهمة، بل إنه ليس واضحًا ما إذا كانت المورفولوجيا "الحديثة" الحالية قد نشأت بشكلٍ سريع قبل 200 ألف سنة تقريبًا، بين الممثلين الأوائل للإنسان العاقل ، أم أنها تطورت بالتدريج على مدى 400 ألف سنة مضت. يصف الباحثون حفريات بشرية مكتشَفة حديثًا في جبل إيغود بالمغرب، ويفسرون التشابه بين عينات أشباه البشر التي عُثر عليها في هذا الموقع، والمجموعات البشرية الأخرى، العتيق منها والحديث. وقد حدد الباحثون مجموعة متنوعة من الصفات في عينات جبل إيغود، تشابه نظيراتها في البشر الأوائل أو المعاصرين تشريحيًّا، ومنها المورفولوجيا الوجهية، والفَكِّية، والسِّنية، كما تَعَرَّفوا على مورفولوجيا قحفية عصبية، وقحفية بِطَانية أكثر بدائية. ومِن واقع أدلة - يصل عمرها إلى 315 ± 34 ألف سنة (كما يحدد التأريخ بالتألق الحراري) - يتضح أن جبل إيغود هو أقدم المواقع وأغناها بكائنات أشباه البشر الأفريقيين، الذين يعودون إلى العصر الحجري الأوسط، الذي يوثق المراحل الأولى من فصيلة الإنسان العاقل، التي تأسست فيها الخصائص الرئيسة للمورفولوجيا البشرية الحديثة. وتبيِّن هذه الأدلة أن العمليات التطورية الكامنة وراء نشوء الإنسان العاقل قد شملت القارة الأفريقية كلها.

**J. Hublin *et al.***
**Nature (2017) doi:10.1038/ nature22336**







**الشكل أسفله | الترميم الوجهيّ للعيِّنة إيغود 10. أ، ب:** المَنظران الأماميّ (**أ**) والقاعديّ (**ب**). يمثِّل هذا التراكب لإيغود 10 (باللون الرمليّ)، وإيغود 1 (باللون الأزرق الفاتح) تراصفًا محتملًا للعظام الوجهيّة في إيغود 10. ويحتوي التحليل الإحصائيّ لشكل الوجه على تسع هيئات ترميمٍ بديلة. الفكّ العلوي، وعظام الوجنة والمنطقة فوق الحَجَاجيّة في عيّنة إيغود 10 أغلظ منها في إيغود 1. مقياس الرسم: 20 مم.

كيمياء حيوية

## غلبة التوتر السطحي على تأثير المذاب

يتم توصيف النمو العفوي لأنوية التكثيف السحابي (CCN) إلى قطرات سحابية، وسط بخار مائي فائق التشبع، في ضوء نظرية "كوهلر" الكلاسيكية. يعتمد هذا التنشيط العفوي لأنوية التكثيف السحابي على التفاعل بين تأثير "راؤول"، حيث يرتفع جهد التنشيط مع انخفاض النشاط المائي، أو زيادة تركيز المذاب، وتأثير "كلفن"، حيث ينخفض جهد التنشيط مع صغر حجم القطرة، أو يرتفع مع انخفاض التوتر السطحي، سريع التأثر بالمواد الخافضة له (وتسمى مواد خافضة للتوتر السطحي). ومن المتوقع أن يزول تأثير انخفاض التوتر السطحي الناتج عن المواد العضوية الخافضة له، التي تقلل تأثير "كلفن"، من خلال اختزال تبعي في تأثير راؤول، يحدث نتيجة لإزاحة جزيئات المادة الخافضة للتوتر السطحي من قلب القطرة إلى السطح البيني بين القطرة والبخار. يقدم الباحثون أدلة رَصْدية، وأخرى نظرية، توضح أنه في الهواء المحيط يمكن لانخفاض التوتر السطحي أن يسود على اختزال تأثير راؤول؛ ما يؤدي إلى زيادات كبيرة في تركيز القطرات السحابية. ويرى الباحثون أن أخذ الانفصال الطَّوْريّ من سائل إلى سائل في الاعتبار - الذي يؤدي إلى غمر كامل أو جزئي لنواة جسيم ماص للرطوبة، عن طريق طور غني بالمركّبات العضوية، وكارِه للماء - يمكن أن يفسر انعدام الاختزال التبعي لتأثير راؤول، مع الحفاظ على الانخفاض الكبير في التوتر السطحي، حتى في حالة التغطية السطحية الجزئية. وبصرف النظر عن أهمية حجم وتركيب الجسيم بالنسبة إلى عملية تنشيط القطرة، يوضح الباحثون من خلال المراقبة والنمذجة أن اندماج تأثيرات الانفصال الطوري مع الديناميكية الحرارية للتنشيط يمكن أن يؤدي إلى تركيز عدد أنوية التكثيف السحابي لما يصل إلى عشرة أضعاف ما تم التنبؤ به من خلال نماذج المناخ؛ ما يتسبب في تغيير خواص السحب. إن التمثيل الكافي لعملية تنشيط أنوية التكثيف السحابي أمر ضروري للتنبؤ بالسُّحُب في نماذج المناخ، ونظرًا إلى تأثير السُّحُب على توازن طاقة الأرض، فإنه من المرجح أن يَنْتُج عن تحسين التنبؤ الخاص بالتفاعلات بين الرذاذ والسحب والمناخ تَحَسُّن أيضًا في تقييم تغيُّر المناخ المستقبلي.

**J. Ovadnevaite *et al.***
***Nature* (2017) doi:10.1038/ nature22806**

# مُدَقِّق إملائي للإحصاء

**يناقش الباحثون ما إذا كان استعمال برمجيات للكشف الآلي عن أوجه عدم الاتساق في الأوراق البحثية قد يحسِّن من جودة المؤلفات، أم أنه قد يُطْلِق إنذارات كاذبة.**

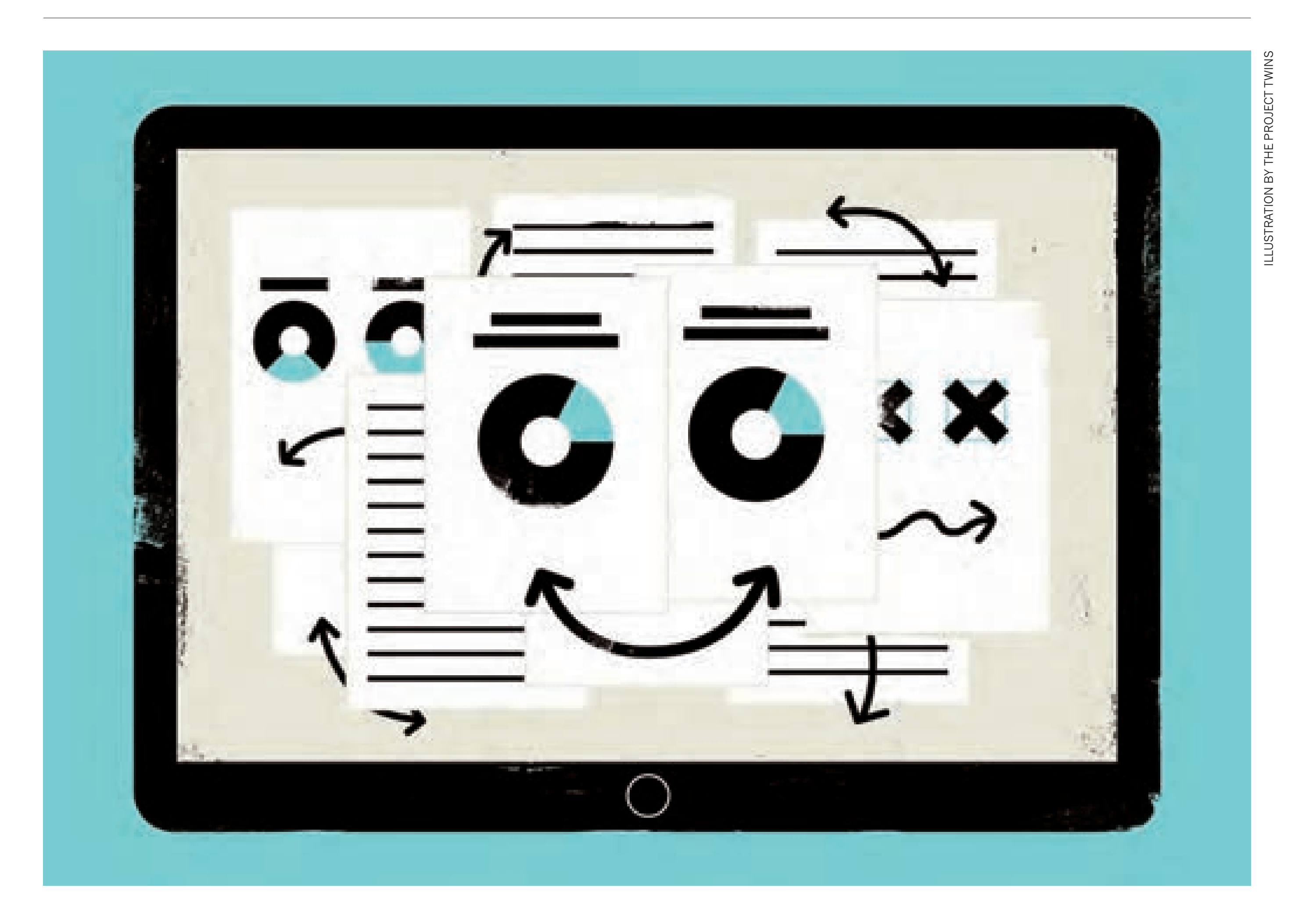


ILLUSTRATION BY THE PROJECT TWINS

**مونيا بيكر**

رصدت ميشيل ناويتن وزملاؤها أخطاء فادحة، حينما أطلقوا العنان للبرنامج "ستاتْشِك" statcheck لتدقيق مؤلفات علم النفس. يمسح البرنامج المقالات؛ بحثًا عن النتائج الإحصائية، ومن ثم يُعِيد الحسابات، ويطابق الأرقام. وقد مسح 30,717 ورقة بحثية، وحدَّد 16,695 ورقة منها اختبرت فرضيات بطرق إحصائية، ووجد في نصفها خطأً محتمَلًا واحدًا على الأقل (M. B. Nuijten *et al*. *Behav*. *Res*. *Methods* **48**, 1205–1226; 2016).

ولم تنبِّه ناويتن مؤلفي المقالات إلى الأخطاء، ولكن المؤلف المشارِك لها، كريس هارتجرينك - وهو زميل متخصص في المنهجيات لدى جامعة تيلبورج بهولندا - حوَّل اهتمامه في شهر أغسطس الفائت من المؤلفات عمومًا إلى مقالات معينة. ومسح بـ"ستاتْشِك" أكثر من 50,000 مقال، وأرسل تقارير البرنامج إلى موقع PubPeer، وهو منتدى على الويب، كثيرًا ما يناقش فيه العلماء أوراقهم البحثية، وتَسَبَّب ذلك أحيانًا في إثارة جدل حاد حول الكيفية التي يجب أن تُستعمل بها أدوات من هذا النوع.

توقَّع هارتجرينك أن تنبِّه تلك النتائج - التي نشرها على الموقع - القراء والمؤلفين إلى الأخطاء المحتملة، وأن "تُفِيد المشتغلين في المجال، على نحو أكثر مباشرة، مما لو جرى طرح النتائج كمجموعة صماء من البيانات"، حسب قوله. ولم يوافقه الجميع الرأي. ففي العشرين من أكتوبر الماضي، حذَّر اتحاد علم النفس الألماني من أن نشر نتائج زائفة عن الأخطاء يمكن أن يضر بسمعة الباحثين. وفيما بعد في ذلك الشهر، شجب رئيس سابق لاتحاد علم النفس في واشنطن العاصمة بشدة ظاهرة "تشويه السمعة من غير تمحيص، ولا تدقيق" عبر المدونات والشبكات الاجتماعية، ورأى أن المنشورات المعتمِدة على نتائج برامج مشابهة لـ"ستاتتشك" يمكن أن تمثل تعديًا على الآخرين.

ويتوقع آخرون تغيُّرًا إيجابيًّا في الثقافة. لقد حصل كل من هارتجرينك، وناويتن على جوائز من هيئات تشجِّع ◄

◄ العلم المفتوح. وفي تعليق على موقع PubPeer على مقال "ستاتتشك" الأصلي، كتب باحث علم النفس نك براون - من جامعة جرونينجن بهولندا - أننا قد نحصِّل استفادة علمية، إذا توقف الباحثون عن افتراض أن الإدراج على المنتدى يشير إلى أن الورقة البحثية المنتقَدة تحتوي على "شيء قبيح"، وتعاملوا مع الأمر باعتبار أن "ثمة ملاحظة في PubPeer سوف أقرأها وأُقيِّمها بصفتي عالِمًا".

تحثّ أداة آلية كهذه الباحثين على تدقيق أعمالهم، وهذا يفيد في علم النفس، حسب ما تقول سايمين فازير التي تدرس الفهم الذاتي في جامعة كاليفورنيا بدافيس، وتضيف: "أداة كهذه ستلتقط الأخطاء، والأهم.. هو أنها ستجعلنا أكثر حذرًا".

من جهة أخرى، راقت الفكرة لعديدين؛ فقد حمَّل عدة آلاف من الأشخاص برنامج "ستاتتشك" المجاني الذي يعمل بلغة البرمجة R، أو زاروا الموقع statcheck.io الموجود على الإنترنت، ولا يتطلب معرفة بالبرمجة. (يمكن للباحثين الذين يرغبون في تدقيق نتائج بعينها، بدلًا من الورقة البحثية برمّتها، أن يستعملوا حاسبات إلكترونية على الإنترنت، مثل ShinyApps).

## تدقيق تقني

تَعرِض أبحاث علم النفس في معظمها الاختبارات الإحصائية بصيغة قياسية، وتُرفَق معها المعايير ذات الصلة، التي يمكن تدقيقها؛ من أجل الكشف عن جوانب عدم الاتساق الموجودة فيها. يحدِّد "ستاتتشك" - الذي يعمل حتى الآن على أبحاث بهذه الصيغة فقط - ويُجري بضعة اختبارات عامة؛ لحساب القيمة الإحصائية «بي» P value التي تقيس احتمال ظهور نتائج محتمَلة مصادفة، إذا لم يكن ثمة فَرْق فعلي بين مجموعتين (انظر: "عمَّ يبحث ستاتتشك؟"). وبالرغم من أن الإحصائيين قد حذَّروا من الأمر، إلا أن أيّ قيمة لـ $P$ أصغر من 0.05 تُستعمل غالبًا كمحدد اعتباطي لمسألة "الدلالة الإحصائية"، سامِحةً بذلك باعتماد النتائج ونشرها.

تتمثل غالبية الأخطاء التي يلتقطها "ستاتتشك" في أخطاء طباعية، أو أخطاء نسخ ولصق، حسبما يقول دانييل لاكنس، المتخصص في علم النفس الإدراكي لدى جامعة آيندهوفن للتكنولوجيا بهولندا. فبعد قراءة مقال "ستاتتشك"، قرر تحليل الأخطاء التي قال البرنامج إنها غيَّرت الدلالة الإحصائية للنتيجة. وقد وجد ثلاثة أنواع رئيسة من الأخطاء، حيث يقوم الباحث عادةً بإدخال إشارة خاطئة، من مثل $P < 0.05$، عوضًا عن $P = 0.05$. وفي حالات أخرى، جرى إعداد الحسابات؛ من أجل الكشف عن علاقات محددة، دون غيرها (مثل الارتباط الإيجابي، أو السلبي)، دون التصريح بذلك. وكان التقريب المتفائل شائعًا أيضًا؛ فالقِيَم (بي) التي تساوي 0.055، وتم تقريبها إلى $P \leq 0.05$ مثلت 10% من الأخطاء المكتشَفة، التي غيَّرت الدلالة الإحصائية، وقد وصف لاكنس نسبة حدوث ذلك بأنها عالية إلى حد مثير للإحباط.

إنّ "ستاتتشك" نفسه يرتكب الأخطاء، حسبما يقول توماس شميدت، المتخصص في علم النفس التجريبي لدى جامعة كايزرسلاوترن في ألمانيا، الذي كتب نقدًا للبرنامج (T. Schmidt Preprint at http://arxiv.org/abs/1610.01010; 2016)، بعد أن أعطاه إشعارًا بوجود أخطاء في مقالين له. وعلى سبيل المثال، لا يميِّز البرنامج دائمًا التعديلات الإحصائية الضرورية من غير الضرورية.




وعندما يكتشف "ستاتتشك" خطأً، فإنه لا يستطيع تمييز ما إذا كان الخطأ متعلقًا بالقيمة (بي)، أم بمعيار ذي صلة بها. ويقول شميدت إن "ستاتتشك" أخفق في الكشف عن 43 من القيمة (بي) في مقالَيْه اللذين مسحهما، بينما رصد 137 قيمة، ونبَّه إلى 35 "نتيجة إحصائية قد تكون غير صحيحة"، اثنتان منها تَبيَّن احتواؤهما على خطأين في القيمة (بي) لم يغيِّرا من الدلالة الإحصائية، وثلاث نتائج تبين احتواؤها على أخطاء في معايير أخرى، لم تؤثر على القيم (بي)، وثلاثون نتيجة كان الإنذار عنها غير صحيح.

وتُقِرّ ناويتن بأن "ستاتتشك" يمكن أن يُخطئ أحيانًا في تحديد الاختبارات، وأن يغفل عن القيم (بي) المعدلة، إلا أنها أشارت إلى أنها وجدت في مقالها الأصلي معدلات أخطاء مشابهة لتلك التي يُعثر عليها بالتدقيق اليدوي.

لقد بذل هارتجرينك، وناويتن قصارى جهدهما، ونجحا - بشكل عام - في الإبقاء على النقاشات وُدِّيَّة. فقد نشرت ناويتن على الإنترنت شروحًا تفصيلية حول طريقة عمل "ستاتتشك"، مع وجه تعبيري بَاسِم، وعلامات تعجُّب ودودة. ويقوم هارتجرينك بتحديث منشورات PubPeer بنسخة محسَّنة من البرنامج. ويقول كلاهما إنه يمكن لأي شخص أن يعلِّق على منشورات PubPeer؛ لشرح نتائج "ستاتتشك"، وإن تلك المنشورات تنص على أن النتائج ليست نهائية. تقول ناويتن: "إن الشيء الذي أحاول تكراره دائمًا هو أن "ستاتتشك" برنامج آلي، لن تكون دقّته أبدًا كدِقّة التدقيق اليدوي".

قد يكون الكثير من الإشعارات التي يُعطيها "ستاتتشك" تافهًا، لكن عندما لا يستجيب المؤلفون لهذه الإشعارات؛ تبقى الأمور بدون حلّ، حسبما يقول إلكان أكيورك، عالِم النفس لدى جامعة جرونينجن، الذي يضيف: "لقد غدا النِّقاش بشأن المحتوى زائدًا عن الحد قليلًا". ويخشى مفكرون - من أمثال دوروثي بيشوب، المتخصصة في علم النفس العصبي في جامعة أكسفورد بالمملكة المتحدة - من أن المنشورات يمكن أن تصرف الانتباه عن نقاشات أكثر أهمية، أو تُنفِّر الناس، وتجعلهم أقل ترحيبًا بمساعي تحسين قابلية النتائج للتكرار. ويرى هايكو هخت - عالِم النفس لدى جامعة يوهانس جوتنبرج في ماينتس بألمانيا - أنه قد يكون للأمر مفعول عكسي: "ما زالت تجربة البرنامج غير ناضجة إلى حد بعيد، لكنها على المدى الطويل قد تُبْقِي العلماء دقيقين". ويقول - إضافة إلى ذلك - إنه إذا أتاح الباحثون البيانات الخام؛ فسيمكن لأي شخص أن يدقق النتائج.

وعبَّر بعض المؤلفين عن امتنانهم للفرصة التي أُتيحت لهم لتصحيح الأخطاء، لكن عددًا منهم قالوا إنه كان يتوجب أن تُتاح لهم الفرصة لمراجعة التصحيحات، قبل نشرها للعموم. وقد استجاب ثلاثة - على الأقل - في PubPeer لشرح الأخطاء، وأخبر اثنان منهم دورية *Nature* بأن الأخطاء كانت طباعية، ولم تؤثر في القيم (بي)، وهي أبسط من أن تتطلب تصحيحًا رسميًّا. أما بالنسبة إلى فازير، فإنها تأمل أن تساعد التقارير الآلية الباحثين على الاعتياد على تعليقات ما بعد النشر، وتقول: "أعتقد أنها ستساعد على تقليل حساسيتنا للنقد".

## مساعد المحرر

في شهر يوليو الماضي، بدأت دورية "سيكولوجيكال ساينس" *Psychological Science* في استخدام "ستاتتشك" لتدقيق المقالات المقدَّمة للنشر، التي حصلت على قبول أوَّلي بعد المراجعات، ومن ثم مناقشة المؤلفين بخصوص الأخطاء المحتملة. يقول رئيس التحرير، ستيفين ليندسي: "ظننت أنه سيكون ثمة بعض ردود الأفعال السلبية، أو الممانعة، لكن لم يكن هناك أي رد فعل تقريبًا". ويقول إنه من بين عشرات المقالات التي جرى تدقيقها حتى الآن، ليس من بين الأخطاء ما هو شنيع، مع أنه كانت هناك حالتان - على الأقل - أعطى فيهما المؤلفون قيمة (بي) تساوي 0.05، في حين أنها كانت تساوي 0.054.

ويقول ليندسي إن مناقشة تقارير "ستاتتشك" مع المؤلفين مباشرة مربكة جدًّا، فعلى سبيل المثال، (يعطي البرنامج إشعارًا بخطأ محتمل عند ظهور الكلمة TRUE). وتقول ناويتن إنّ نسخة قادمة من البرنامج سوف تكون أكثر قابلية للفهم لغير المبرمجين، وتفصح عن أنه حتى ذلك الحين، يجري فريقها محادثات مع الناشرَيْن "إلسِفْير" Elsevier، و"بلوس" PLOS حول تبنِّيهما البرنامج في منشوراتهما. ويمكن أن يكون ثمة رفيق لـ"ستاتتشك" قريبًا، وهو برنامج تجاري أكثر شمولية، يُسمى "ستاتريفيوور" StatReviewer، يجري تطويره من قِبَل باحثين آخرين، وسيكون بإمكانه تحليل مقالات تنتمي إلى مجالات متنوعة، لكنه ليس لتدقيق الحسابات فقط، بل للتحقق من التزام متطلبات إعداد التقارير أيضًا.

ويأمل ليندسي أن يخبو استعمال "ستاتتشك" بمرور الوقت، مع توقف الباحثين عن إدخال نتائجهم الإحصائية يدويًّا في مخطوطاتهم، والاستعاضة عن ذلك بإدخال القِيَم مباشرة بواسطة البرامج التي تولِّدها، والمرتبطة بمخطوطاتهم. يقول ليندسي: "إن المشرفين المنهجيين يستعملون أشياء من قبيل لغة البرمجة "آر ماركداون R markdown".

أما شميدت، فيعتقد أنه يمكن لـ"ستاتتشك" أن يكون مفيدًا في تحضير المخطوطات، لكن ليس للمبتدئين، ويقول: "المخاطرة الكبرى أثناء النشر تتمثل في أن المستخدمين غير المتمرسين يمكن أن يعطوا البرنامج أكثر من قَدْره، باعتمادهم على نتائجه بغير تدقيق". وأما لاكنس، فما زال متمسكًا بالنظام اليدوي، وفيه يقوم أحد مؤلفي الورقة البحثية بإجراء التحليلات، ويقوم آخر بتدقيقها. وهذا ما يمكِّن من كشف أخطاء، لا يستطيع "ستاتتشك" كشفها، مثل تبديل مواضع الأرقام.

ويبدو ذلك النهج منطقيًّا لناويتن؛ فهدفها لم يكن متعلقًا أبدًا بإصلاح التحليل الإحصائي، بل إنها تقول إن "ستاتتشك" أقرب إلى المدقق الإملائي المعتاد، وتصفه بأنه "أداة سهلة الاستخدام، تقول أحيانًا أشياء غبية". إنّ الناس يسخرون من تلك الأدوات الخرقاء، لكنهم يظلون يستعملونها لتصحيح الأخطاء. ■



تُطبع المجلة بدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية

# مهن علمية

**ثقافة** كيف يمكن للكتابة الإبداعية أن تثري الأبحاث العلمية **ص. 61**

**أحداث نيتشر** لمتابعة أهم الفاعليات العلمية، والندوات، والمؤتمرات، والورش: **arabicedition.nature.com/events**

**وظائف نيتشر** لأحدث قوائم الوظائف والنصائح المهنية تابع: **arabicedition.nature.com/jobs**




SETH AMMAN

**تكتب عالمة الأحياء الحاسوبية جايا بيستولفي روايات تُخَاطِب الشباب.**

ثقافة

# صَقْـل مَلَكـة الكتـابة

## من الممكن أن تثري الكتابة الإبداعية أبحاث العلماء.

**سوزان موران**

تتيح الكتابة الروائية لعالِم الأعصاب ديفيد إيجلمان طرح الأسئلة الكبيرة، التي لم يستطع العِلْم الإجابة عنها حتى الآن. كَتَب إيجلمان بالفعل العديد من الكتب غير الروائية عن الإدراك والمعرفة، كما كَتَب سيناريو لسلسلة تليفزيونية، قام أيضًا بتقديمها، تتناول الدماغ. هذه كلها وسائل لنشر العِلْم على نطاق أوسع من الجمهور، ولكن كتابات إيجلمان الروائية الأخيرة أتاحت له الاستكشاف والاشتباك مع أكبر الأفكار، على حد قوله.

يقول إيجلمان: "هذه هي الأسئلة التي تتخطى نطاق الأوراق البحثية والمِنَح بمسافات". تُرجمت مجموعة إيجلمان القصصية - التي تحمل عنوان «خلاصة: أربعون حكاية من ما بعد الحياة» (*Sum: Forty Tales From the Afterlives*) (دار نشر بانثيون، 2009)، والتي تستكشف الهوية الإنسانية من وجهة نظر أولئك الذين فارقوا الحياة - إلى 29 لغة، كما تم تحويلها إلى عرضين أوبراليين. يقول إيجلمان، الذي يعمل بجامعة ستانفورد في كاليفورنيا، ويشغل منصب المدير التنفيذي لشركة «برينتشيك» Braincheck، وهي شركة تَستخدم التكنولوجيا في قياس وظائف الدماغ: "أشعر أن خيالي ينشط مباشرة عندما يتوقف علمي. أستطيع إثبات (س)، و(ص)، و(ع) في المختبر، ولكن ماذا يحدث بعد ذلك؟ فالخيال يطرح الأسئلة الافتراضية الكبرى (ماذا لو؟)، التي تُعَدّ الوسيلة الأقوى لشق طريقنا في كل شيء نقوم به".

وفي حين أن مقالات إيجلمان وكتبه غير الروائية تنقل أبحاثه العلمية لجمهور أوسع، فإن رواياته تأخذه إلى آفاق تتجاوز مجال علم الأعصاب. وهو يقول: "إنهما بحقّ عالَمان منفصلان إلى حد ما - كتابة المقالات الصحفية، والكتابة الروائية - وهذا أمر يناسبني تمامًا". ويكتب إيجلمان حاليًّا رواية بعنوان «دهر»، تحكي عن الكون الذي يمتد إلى أكثر من 200 مليار سنة.

لا شك أن العِلْم عملية إبداعية، ولا بد أن يتميز العلماء بالإبداع والابتكار، وهم بصدد تصميم التجارب، والبحث عن مصادر لتمويل مشروعاتهم البحثية، ومحاولة نشر النتائج. وهؤلاء الذين يجدون وقتًا كافيا لإدماج الكتابة الإبداعية في حياتهم العلمية (والعملية) يُنقل عنهم استحسانهم لمردودها. وسواء أكان أولئك يَنْظِمون الشِّعْر، أو يَخُطّون القصص القصيرة، أو المدونات الإلكترونية، أو الروايات، فإنّ فِعْل الكتابة الإبداعية يمكن أن يساعد في إطلاق الشرارة التي تؤجج ملكة البحث الأصيل.

ولا يتوفر على المستوى العالمي سوى قدر ضئيل من المعلومات عن عدد الباحثين الذين يمارسون الكتابة ◄

الإبداعية بشكل غير رسمي، أو كعمل إضافي، ولكن الطريف - كما تسرد الأقاويل - أن كثيرًا من العلماء ينجذبون إلى العمل الإبداعي الذي يُخَطُّونه بأقلامهم. ويأتي اهتمامهم في الوقت المناسب تمامًا، حيث تتزايد دعوة المنشورات والمنصات البرمجية الاستهلاكية - مثل المدوَّنات - للباحثين هذه الأيام؛ من أجل الكتابة عن أعمالهم أو تجاربهم الشخصية كعلماء.

يمكن للأفراد إطلاق مواهبهم في الكتابة الإبداعية عبر مجموعة متنوعة من السبل، مثل الكتابة على الموقع الإلكتروني لمؤسساتهم، أو الانضمام إلى مجموعة محلية من الكُتّاب، أو حضور دورة تدريبية في جامعة، أو ورشة عمل خارجية عن الكتابة الإبداعية (انظر: «الممارسة تقودك إلى الإتقان»).

## تحطيم الحواجز

استهلّ عالِم الفيزياء الفلكية والكاتب جريجوري بنفورد مسيرته في الكتابة الإبداعية عندما كان طالبًا في مرحلة الدراسات العليا بجامعة كاليفورنيا في سان دييجو، في ستينات القرن العشرين. ومنذ ذلك الحين، نشر بنفورد 31 رواية خيال علمي، و223 قصة قصيرة. ويشغل بنفورد حاليًّا وظيفة عضو هيئة تدريس متفرغ بجامعة كاليفورنيا في إرفاين، ويَنسب الفضل في كتابته الروائية إلى بعض النظريات التي ابتكرها، كجزء من بحثه العلمي. يقول بنفورد، الذي يعمل حاليًّا مستشارًا في مبادرة «بريكْثرو ستارْشُوت» Breakthrough Starshot، التي تحظى بتمويل خاص؛ بهدف تطوير مهمة تحليق قريب من النظام النجمي «ألفا سنتوري»: "الخيال يساعد على الاكتشاف العلمي والتفكير. إنه يجعلني عالِمًا وباحِثًا أفضل".

على سبيل المثال، قادت «ملحمة مركز المجرّة» Galactic Center Saga، التي ألَّفها بنفورد - وهي سلسلة عن حرب بين الحياة الميكانيكية والبيولوجية في المجرّة - إلى دراسته لخرائط الراديو لمركز المجرّة الحقيقي، وهو مركز دوران مجرّة درب التبانة. ابتكر بنفورد فرضية حول الخيوط المشعة التي تمت ملاحظتها في مركز المجرّة، ونشر ورقته البحثية الأولى عن الموضوع في عام 1988. يقول عن ذلك: "حتى يومنا الحاضر، لا تزال الفرضية تبدو كنموذج قابل للتطبيق". لقد كانت طريقًا ذا اتجاهين. ارتكزت الرواية التي ألفها بنفورد حول السفر عبر الزمن - وذلك في عام 1980، وحَمَلَت عنوان «الهروب من الزمن» *Timescape* (دار نشر سايمون وشوستر، 1980) - على بحث لأطروحته للدكتوراة، وفيها يتخيل وقوع كارثة بيئية في عام 1998. أما قصته «الرجل ذو الندبات» *The Scarred Man*، التي كتبها في عام 1970، فقد تَوَقَّع فيها ظهور فيروسات الكمبيوتر.

وبالنسبة إلى كثير من العلماء الكُتّاب، فإن نظم القصائد الشعرية، أو كلمات الأغاني، أو كتابة الروايات، يساعدهم على الراحة والاسترخاء وممارسة طريقة مختلفة في التفكير، حتى لو لم يحاولوا - عن قصْد - توجيه مَلَكاتهم الأدبية نحو تفكيرهم وكتاباتهم الأكاديمية. تقول جايا بيستولفي، عالمة الأحياء الحاسوبية بكلية ديوفيل في بافالو بنيويورك: "عندما تصبح الأبحاث الجزيئية مثيرة للإحباط، يمكنني إعادة شحن بطارياتي بإطلاق العنان لخيالي الإبداعي". تؤلف بيستولفي روايات تندرج تحت النوع الأدبي الملائم للشباب والبالغين، كما تكتب مدونات لجمهورها من الشباب حول القضايا الاجتماعية، وحياتها كعالمة وكاتبة. تقول: "لقد ساعدتني الكتابة الروائية على إعادة التواصل مع مجتمعي، وعلى تجديد الغرض من بحثي العلمي كذلك".

> **«عندما تفعل شيئًا تحبه، فإنك لا تشعر بكونه عملًا».**

وقد نشرت بيستولفي أربع روايات، تحت اسم «جايا ب. أمّان»، تستكشف فيها قضايا اجتماعية، مثل اضطرابات الأكل، والجنس، وتعاطي المخدرات. وعلى مدار سنوات عديدة، ألّفَت أوراقًا بحثية، تمت مراجعتها من النظراء في علم الأحياء الجزيئية، ولكنها تقول إنها لم تكتسب الرؤية والشجاعة لتوسيع نطاق كتاباتها العلمية المحايدة، لتشمل كتابة مقالات الرأي، إلا عندما بدأت في تأليف الروايات.

أرسلت بيستولفي مقالة صحفية إلى قسم مراسلات القراء بدورية *Nature* (G. Bistulfi *Nature* **502**, 170; 2013)، تدعو فيها العلماءَ إلى الحدّ من نفايات المختبرات، وإعادة استخدامها وتدويرها. تقول: "لم أكن لأفكر يومًا في أنْ أفعل ذلك قبل تجربتي ككاتبة روائية. لقد تحصَّنْتُ بتجربتي في الكتابة، واستجمعتُ شجاعتي للتعبير عن أفكاري في صيغة لا تتطلب انحرافات معيارية، ولا رسومًا بيانية".

وفي حين أن كتابة الرواية تستهوي بعض العلماء، يجد آخرون أن الكتابة غير الروائية - مثل كتابة المدونات، أو المقالات، أو الكتب، التي تتناول أبحاثهم أو مجالاتهم البحثية - هي النوع الأسهل لهم. كانت بيث شابيرو - عالمة الأحياء الجزيئية التطورية بجامعة كاليفورنيا في سانتا كروز - قد مارست العمل في المختبرات لمدة 13 عامًا، قبل أن تقرِّر تجربة قُدْرَتِها على الكتابة العلمية الشعبية. خطّت شابيرو كتابها الأول بعنوان «كيف تَستنسِخ ماموثًا: عِلْم إعادة الحياة للكائنات المنقرضة» *How to Clone a Mammoth: The Science of De-Extinction* (مطبعة جامعة برينستون، 2015)، لأنها أرادت أن توصِّل إلى جمهور القراء من غير العلميين الاختلافات ما بين الخيال العلمي فيما يتعلق بمسألة إعادة الحياة للكائنات المنقرضة، وما هو ممكن من الناحية التقنية، وما قد يصبح ممكنًا في المستقبل. أرادت شابيرو كذلك أن تبيِّن كيف يمكن استخدام الأدوات الجينية الناشئة؛ لتعزيز السمات النافعة في الحيوانات الموجودة بالفعل؛ لمساعدتها على البقاء في ظل التغيرات المناخية المستمرة. تقول شابيرو: "لقد استمتعتُ بحُرِّيّة تأليف كتاب شعبي. كان ذلك بمثابة استراحة من كتابة المقالات الدورية. وأعتقد أنه جعلني أفضل حالًا ككاتبة".

ساعدها تأليف الكتاب على كتابة مخطوطاتها البحثية بشكل أكثر وضوحًا، فكما تقول: "كان لزامًا عليّ أن أكون قادرة على توصيل الأفكار المعقدة بأسلوب بسيط، ولكنْ بدون اختصار مخلّ، أو حذف أجزاء مهمة. انعكس ذلك أيضًا على النشر الأكاديمي، ولم يَشْتَكِ أحد مطلقًا من أن هناك مخطوطة بحثية سهلة الفهم للغاية". وهناك فائدة أخرى لعملية البحث، التي أجرتها شابيرو من أجل تأليف كتابها، فقد أسهمت في تعميق فهْمها للمجال إلى ما وراء بحوثها الخاصة، فكما تقول: "أجبرني ذلك على الغوص في أعماق الأدب، الذي لم تكن له صلة قوية بأبحاثي اليومية، ولكنه كان بالغ الأهمية لفَهْم المكونات المختلفة لمسألة إعادة الحياة للكائنات المنقرضة".

## منظور شخصي

تُعَدّ المدونات الإلكترونية هي الوسيلة الأكثر شعبية أمام مَن يريدون تفاعلًا مباشرًا وأكثر سرعة مع القراء. وبالنسبة إلى هانيكي ماير، وهي عالمة حفريات بجامعة بيرجن في النرويج، فإنها واحدة من ضمن فريق من الباحثين، يسهمون بكتاباتهم في مدونة بعنوان «إعادة النظر في العوالم المفقودة»، وهي مدونة خاصة بعلم الحفريات، تتبع صحيفة «الجارديان» في لندن. تقول ماير: "أجد متعة في إخبار الناس بما تدور حوله موضوعاتي البحثية. وتروق لي الشعبية التي يحظى بها بحثي بهذه الطريقة، التي تُعَدّ أيضًا وسيلة لتسليط الضوء على مجال تخصصي البحثي. فالتدوين طريقة لطيفة توضِّح للناس أن علم الحفريات يتضمن ما هو أكثر بكثير من مجرد الحديث عن الديناصورات والماموث". وما بين عمليات البحث التي تجريها من أجل مقالاتها على المدونة، وكتابة هذه المقالات، تقول ماير إنها تعلمت التفكير بشكل أوسع، بوصفها عالمة، وكيف تخطو إلى الخلف؛ لكي تسأل نفسها – جزئيًّا، من أجل قرائها - لماذا يمثِّل بحثها ومجال تخصصها - بشكل عام - أهمية للجمهور.

## هيا انطلِقْ!

### الممارسة تقودك إلى الإتقان

فيما يلي بعض النصائح والإرشادات التي تساعدك على الانطلاق في عالَم الكتابة الإبداعية:

- احتفِظْ بدفتر يوميات. يمكن أن تركز على حياتك البحثية، أو على أي شيء آخر. ومن بين الأدوات المعروفة للكتابة اليومية: كتاب جوليا كاميرون، الذي يحمل عنوان «طريق الفنان» *The Artist's way* (بوتنام، 1992). ومن بين الكتب الأخرى التي تهتم بهذه الحرفة: كتاب آن لاموت «طائر بطائر» *Bird By Bird* (أنكور بوكس، 1980)، وكتاب ناتالي جولدبيرج «كتابة حتى النخاع» *Writing Down the Bones* (شامبالا، 2010)، وكتاب ستيفن كينج «عن الكتابة» *On Writing* (هودر، 2012)، وكتاب إليزابيث جيلبرت «السحر الكبير» *Big Magic* (بلومزبري، 2015).
- التحِقْ بورشة عمل، أو دورة تدريبية. تقدِّم جامعات كثيرة دورات تدريبية وبرامج، يمكن أن تكون ليوم واحد، أو تستغرق فصلًا دراسيًّا، عن الكتابة في تخصصات معينة، مثل كتابة المذكرات، والشعر. كما تنظِّم منظَّمات خاصة وغير ربحية ورشات عمل في الكتابة، يشرف الكُتّاب على كثير منها. ومن بين تلك الجهات.. مُعتكَف كُتّاب أيسلندا في ريكيافيك، وهو بمثابة سلسلة سنوية من ورشات العمل، ولجان التقييم، تُعقد على مدار عدة أيام، ويقودها كُتّاب من شتى أنحاء العالم. هناك خيار آخر، هو ورشات فريفول Freefall للكتابة، التي تُعقد في أوروبا، وأستراليا، وكندا، والولايات المتحدة، حيث تقوم مجموعة من الكُتّاب المتمرسين بتنظيم ورشات عمل تستغرق عدة أيام، وأخرى عن طريق الإنترنت، للكُتّاب المبتدئين وأصحاب الخبرة، على حد سواء.
- عليك بتأسيس جماعة للكُتّاب في مدينتك، أو الانضمام إلى جماعة قائمة بالفعل. تتيح مكتبات عامة ومتاجر لبيع الكتب الأماكنَ والتجهيزات اللازمة لمثل تلك الجماعات. ويمكن العثور على تلك الجماعات على موقع Meetup.com، وغيره من مواقع التواصل الأخرى على شبكة الإنترنت. س. م.



تُطبع المجلة بدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية



KRIS KRÜG/POPTECH

عالمة الأحياء التطورية بيث شابيرو هي مؤلفة علمية لإصدارات غير روائية.

تحب ماير أن تنسِج بعضًا من خبراتها ووجهات نظرها في مقالاتها المنشورة على المدونة، وهو الأمر الذي لا تتمكن مِن فِعْله في أوراقها البحثية. إنّ إضفاء الطابع الشخصي على تلك المقالات يمنحها "وسيلة جذب" للقراء إلى داخل القصة، حسبما تقول. تضيف ماير قائلة إنّ ذلك يساعد على جعل المقالات أكثر إثارة للاهتمام، وتسمح لغير العلماء بالاقتراب بشكل وثيق من البحث وعلم الحفريات نفسه.

إذا كان كل هذا يبدو كما لو أنه يستغرق الكثير من الوقت، فهذا صحيح، فكما تقول بيستولفي: "إنني أعمل طيلة الوقت". ولا يُعَدّ الوقت المستغرَق هو الجانب السلبي الوحيد للعمل الإضافي، فالعمل المنشور، ولا سيما إذا لم يكن متعلقًا بالبحث الذي يجريه المرء، يمكنه أن يثير الدهشة ما بين الزملاء والرؤساء. وكما هو الحال في جوانب عديدة من العمل البحثي ذاته، يمكن أن تكون الكتابة مسعى فريدًا، لكنّ الكثيرين يعتقدون أنها تتحول إلى نوع من الاضطرار. تقول بيستولفي: "عندما تفعل شيئًا تحبه، فإنك لا تشعر بكونه عملًا".

ينسج بعض الباحثين عملهم البحثي في كتاباتهم. فقد شاركت عالمة الأوبئة الإكلينيكية آن ماكتيرنان في تأليف كتاب «صحة الثدي» *Breast Fitness* (مطبعة سانت مارتينز، 2000)، الذي يستكشف العلاقة بين التمارين الرياضية، وانخفاض مخاطر الإصابة بسرطان الثدي. بدأت ماكتيرنان فيما بعد مدونة «وثيقة جدتي»، وهي مدونة تتناول الرعاية الصحية، إلى جانب حياة المؤلفة كباحثة، وطبيبة، وجدة.

قررت ماكتيرنان تطوير منشوراتها في المدونة في شكل عمل أكبر وأكثر تماسكًا، ومن ثم أطلقت مذكراتها الناضجة والممتعة تحت عنوان «التضور جوعًا: رحلة طبيبة تغذية من الجوع إلى الشبع» *Starved: A Nutrition Doctor's Journey From Empty to Full* (مطبعة سنترال ريكفري، 2016)، التي تغوص في أعماق طفولة الكاتبة، وصراعها مع كل مِن فقدان الشهية، والسمنة، إلى جانب حياتها الراشدة كطبيبة ممارِسة، وباحثة في مركز فريد هاتشينسون لأبحاث السرطان في سياتل بواشنطن. تقول ماكتيرنان إن تأليف الكتاب قد ساعدها على التنقيب عن مشاعر ظلت مدفونة لزمن طويل، وإنّ تلك المشاعر تمكّنها من فهْم الصراعات التي تدور داخل مرضاها، وتساعدها على تحسين جودة أبحاثها. تقول: "عندما تكون بصدد كتابة مذكرات، فذلك يجعلك على اتصال بالمشاعر. لقد ذكرتني بمدى الصعوبات التي يتعرض لها مَن يعانون من مشكلات في الوزن. والآن، أشعر حقًّا بالمرضى في التجارب الإكلينيكية، الذين يحاولون تقليل أوزانهم".

ويجد أوسمو بيكونين - عالِم الرياضيات بجامعة جيفاسكيلا في فنلندا - ارتباطًا بين الرياضيات، والشِّعر، فيقول: "فن الشعر هو عملية تركيز للمعنى في بيت شعري جميل وملفت للنظر، وهو ما تفعله الصيغة الرياضية أيضًا". فعلماء الرياضيات، كما الشعراء أو الفلاسفة، يسبرون أغوار الروح، في حين يتعامل علماء الفيزياء والكيمياء وغيرهم مع المادة، حسبما يضيف بيكونين، الذي يكتب قصائد شعرية، ومراجعات نقدية، ومقالات وكُتُبًا عن الشعر والشعراء.

وينظِّم بيكونين مؤتمرًا دوليًّا سنويًّا، يُدعى «جسور»، يهتم بالربط بين الرياضيات والشعر، ويعمل محرِّرًا لمراجَعات الكتب في مجلة «ماثيماتيكال انتيلليجنسر» *Mathematical Intelligencer*، التي تنشرها دار نشر «سبرنجر»، والتي تبحث في الجانب الإنساني من علم الرياضيات. يقول بيكونين: "الشعر الإبداعي يشبه النظرية الرياضية الجديدة في أنه يستطيع استيعاب عالم كامل في شكل مكثف. فالدقة الرياضية، والخيال الشعري في رأيي يشكل كل منهما أساسًا للآخر؛ فتبدو الرياضيات وكأنها تمثل البنيان، بينما يحمل الشعر الروح".

وعلى الرغم من أن الكتابة الإبداعية تطرح تحدياتها الخاصة، فإن الباحثين الذين يخوضون غمارها يقولون إنها تجعل حياتهم – ومن ضِمْنها عملهم - أكثر جدوى وتنوعًا. يقول بنفورد: "إن كتابتي في مجال الخيال العلمي وأبحاثي تواصلان دعم بعضهما بعضًا. إنني أرى أن وجود الكتابة في أحد جوانب حياتي من الأمور الأساسية تمامًا لتحقيق التوازن في تلك الحياة". ■

**سوزان موران** كاتبة حرة من بولدر بولاية كولورادو.

# أموت قليلًا

الفراق هو هذا الحزن الحلو.

**بو بالدر**

ILLUSTRATION BY JACEY

أعودُ متثاقلة إلى الفقاعة التي تفصلنا عن بقية الكوكب، بعد فرز أشيائي غير ذات القيمة. إننا نحتفظ بهذه الأشياء، تحسبًا لبقائنا عالقين هنا لمدة ستة أشهر أخرى. أحتل مكاني في النقطة الخارجية من الفقاعة، حيث يأتي الأطفال للزيارة، إذا أتوا.

إنه يوم كئيب وممطر في الخارج، والرؤية منخفضة. ربما لهذا السبب، يسود الهدوء المكان. عادةً ما نتشاجر للحصول على أفضل مكان؛ لنلوِّح لأطفالنا ونداعبهم. أحاول منذ وقت طويل، أن أُعلِّم الآخرين لغة الإشارة، لكن معظم الآباء والأمهات لا يتحلى بالصبر؛ ولذا تفشل المهمة دائمًا. لديك شهور يمكنك فيها أن تتعلم التواصل مع طفلك الذي لن تراه مرة ثانية عندما نغادر نحن البشر الكوكب. أعرف ما يجب عليَّ فِعْله.

لقد وضعونا داخل فقاعة، تشبه كثيرًا تلك التي كنا قد وضعناها بأنفسنا فوق مستوطنتنا، إلا أن الأولى ليس منها مخرج. إنها سجن. يمكننا النظر إلى الخارج، والتنفس بحُرِّيَّة، لكن هذا كل شيء. لا يسعنا سوى الانتظار، حتى تأخذنا السفن، وتمضي بنا بعيدًا. تُصْدِر هذه السفن صوتًا يشبه صوت العطس، عندما تهدر بقوة لتعلن أننا يجب أن نرحل.

ومَن يستطيع أن يلومهم؟ عندما هبطنا إلى هنا، كان يغمرنا الابتهاج والحماس؛ لأننا وجدنا كوكبًا مناسبًا للبشر، ولم ننظر عن كثب لنتبين مَن كانوا هنا قبلنا. أقصد كائنات حية، لكنهم تعاملوا بأدب جمٍّ وتحضُّر؛ إذ منحونا فرصة الاختيار بين الانضمام إليهم، والمغادرة.

لم أكن لأعبأ بشيء من ذلك - رغم أن قضاء سبع سنوات أخرى في حالة نوم في جو شديد البرودة، في سِنِّي هذه، لن يكون ممتعًا - لو لم يكن لورانس قد قرر الانضمام. أعني: كيف أمكنه ذلك؟ كيف أَمْكَنه أن يترك أمه المُسِنَّة، وينضم إلى شَعْب يقطن مستعمرات فطرية غير متكافئة، وهي – بصراحة - لزجة بصورة مقززة؟

إنني لا أفهم، لقد وُلد على الأرض، بحق الرب! نعم، ومِن المحزِن أن أرى المستعمرة فشلت، لكنني لا أشعر بالذنب حيال ذلك. لم يكن بوسعنا أن نعرف أن تلك القلاع المرجانية الجميلة كانت مستعمرات لأناس، يبدون في هيئتهم الشبابية كأنهم إسفنجات متنقلة. لم يكن بوسعنا مطلقًا أن نعرف ذلك. وأعتقد أيضًا أننا كنا منطقيين؛ لأننا لم نرد سوى جزيرة واحدة كبيرة، وكنا سنترك لهم بقية العالم. كان من الممكن أن تكون قسمة عادلة للغاية، لكنّ لورانس، ومعظم الأطفال، لا يوافقوننا الرأي؛ فهم يشعرون أن العاطِسين محقُّون تمامًا في أن ينكروا علينا أي قطعة صغيرة من كعكتهم. أخبرته بقصص عن اللاجئين في الأرض، وبأننا مدينون بتقديم الدعم للمشردين والمعدمين. وردًّا على ذلك عَرَضَ لي أفلام فيديو قديمة تصوِّر حياتنا - نحن اللاجئين - أثناء حبْسنا في مخيمات بائسة، وتعرُّضنا للغرق، والحصار. إنه العالم الذي غادرناه لأسباب وجيهة.

يؤكد لورانس أننا ننعم طوال فترة وجودنا على هذا الكوكب برقصة نباتية هادئة لا تنتهي، يظللها الوئام والسعادة، وبفرحة تَعاقُب الفصول، وبمذاق البطارخ في الماء.

أغوص في أحد كراسي الحدائق البلاستيكية القديمة التي أعددناها، أهيئ نفسي لفترة انتظار قصيرة، بل ليوم كامل من الانتظار، في واقع الحال، لكن الشكل الذي يلوح في الأفق منبعثًا من الضباب هو لورانس. لم تتغير مشيته، ولم يتغير وجهه، رغم تغيُّر اللون البني المعتاد في وجهه إلى الأرجواني المرقش. كما أن شعره وأذنيه ينموان بكثافة أكبر الآن.

يلوِّح لي محييًا، بذراعين أطول وأنحف، وكفين متشابكتين. أستطيع أن أفهم الإشارات فقط، لأني أعرفه، وأعرف لغة الجسد التي يستخدمها، وأعرف تعبيراته، لكنه هنا؛ حيث يمكننا التحاور. أشعر بالامتنان، لأنني علَّمته لغة الإشارة؛ ليس فقط ليتمكن من التحاور مع والدي، ولكنْ ليكون بيننا شيء خاص.

أتمنى أن نستطيع التحدث عن أي شيء، بخلاف الفراق القادم، لكننا بشكل ما، لا نفعل ذلك أبدًا. أودّ أن أتحدث معه عن أحلامه المستقبلية، وعن الكلية التي يرغب في الالتحاق بها، وعمّا إذا كانت هناك بنت أو ولد يحبهما، لكنني لا أستطيع سؤاله عن هذه الأشياء؛ لأنها جميعًا ليست محل نِقاش. سيعيش لورانس على هذا الكوكب المريع، وإذا أَحَبّ أي شخص؛ فسيتحولان إلى إسفنجة عديمة الجنس. سيكون ذلك عظيمًا حقًّا، لكن لا توجد خيارات أخرى. ليس أمامه سوى أن يفعل ما تفعله الإسفنجات الأخرى؛ من أجل الاستمرار على قيد الحياة؛ فهم يأكلون الطحالب حتى يكتمل نموهم، ثم يتجذرون في الأرض ليشكلوا كيانًا جماعيًّا يشبه المرجان. سيكون هذا هو مستقبله.

إنه ولد؛ رجل صغير، ولذا فمِن المفترض أن يغادر البيت. ماذا سيقول؟

أنا لا أرجوه أن يعود؛ لأن ذلك أمر لا رجعة فيه.

ولا أسأله: كيف يمكنك أن تتركني؟ لأنه مِن المفترض أن يغادر، شأنه شأن كل الأبناء.

ولا أقول له: سأفتقدك كثيرًا؛ لأنني أفتقده بالفعل. أفتقد لورانس القديم.

يبدأ لورانس في الغناء. كانت هناك يد تشير إليه، ثم تقاطعت يداه فوق صدره، بينما أشارت أصابعه إليَّ. يقول لي: "أحبك".

أجيبه قائلة: "وأنا أيضًا أحبك".

فيقول: "أفتقدك". لطالما أحببت لَمْس النقرة الموجودة تحت شفتيه.

ثم يردف: "السفينة قادمةٌ الليلة".

أتعجب، كيف يعرف المرجان الإسفنجي ذلك، قبل أن نعرف نحن بأدواتنا المتطورة؟

يعود فيقول: "أمي، رجاءً". لا يستطيع وجهه الإسفنجي أن يبدي عواطفه، لكنني أمتلك في ذاكرتي 20 عامًا من الاستعطاف. ثم يتابع: "رجاءً، ابقي هنا معي. لا يزال بإمكانك أن تتغيري. من الجميل أن تكوني جزءًا من المرجان. أمي، إننا نغني معًا طوال الوقت".

أقاطعه، وأشير إليه أنني أحبه، لكنني أشير أيضًا بالرفض؛ لأنني لا أستطيع التخلي عن إنسانيتي. لا يمكنني ذلك. سوف يضطر إلى أن يفعل ذلك بمفرده.

ثم أدركُ أنه لا يتركني، بل أنا التي تتركه.

وأموت قليلًا. ■

---

**بو بالدر** أول كاتبة هولندية تنشر في دورية "فانتسي آند ساينس فيكشن" *Fantasy & Science Fiction*. ظهرت قصصها القصيرة في العدد 1 من دورية "فيوتشريستكا" *Futuristica*، وغيرها، كما نشرت لها مطبعة "بينك نارسيسس" Pink Narcissus في عام 2016 رواية خيال علمي، بعنوان "ذا وان" *The Wan*.

NATURE.COM
تابع المستقبليات:
@NatureFutures
go.nature.com/mtoodm



تُطبع المجلة بدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية

مدينة الملك عبدالعزيز
للعلوم والتقنية KACST

# استثمار البحث في الصناعة



www.kacst.edu.sa